Journal of Aquaculture Development
Vol. 19, No. 4, 2026, Pages: 107-133
DOI: 10.71901/jad-2025-4-891

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Aquaculture potential in the unconventional underground brackish waters of Bafq (Yazd): A case study

Hosseini Shekarabi, P. [1*], Akhavan-Bahabadi, M.[1], Sarsangi Aliabad, H.[1], Mohammadi, M.[1], Nazari, K[2], Jafari, Sh.[3], Lotfi, K.[4]

1- National Research Center of Saline-waters Aquatics, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bafq, Iran
2- Animal Science Research Section, Research and Education Center of Agricultural and Natural Resources of Tehran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3- Department of Fisheries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
4- Research and Development Department, Aquatics Production & Trade Union of Iran, Tehran, Iran

Received: 24 March 2025 **Accepted: 2 April 2025**

Extended Abstract

Introduction: Nowadays, the aquaculture industry has prospered all over the world, including Iran. However, the use of unconventional water resourses should be considered as an effective solution for the sustainable aquaculture development in the purpose of animal protein production and job security due to the global freshwater shortage crisis (Karimidastenaei *et al.,* 2022). In this regard, Yazd provines in Iran has unconventional ground water resources with relatively warm and brackish water that does not have access to inland water bodies and has provided a suitable environment for the cultivation and propagation of non-native species (Alizadeh and Bemani, A., 2012; Rajabipour *et al.,* 2013).

Materials and Method: In this study, some physicochemical parameters, ions, and heavy metals of the well waters from four different farms in Bafq (Yazd) were measured. The water samples from 6 wells were transported to the laboratory within a maximum of 6 h under the cold-chain conditions and the physical (salinity, temperature, and electrical conductivity) and chemical (pH, total dissolved solids, total hardness, total alkalinity, ammonia, nitrate, nitrite, chlorine, sulfate, carbonate, bicarbonate, phosphate, sodium, calcium, magnesium, and potassium) parameters of the groundwater sources were analyzed according to international standard methods (APHA, 2012) and Iranian national standards 1053. Sodium and potassium ions were measured with a film photometer (Carning 410), and titrimetric tests were also performed to determine hardness, calcium, magnesium, and chlorine. Heavy metals (iron, zinc, chromium, copper, arsenic, aluminum, and boron) were measured after a digestion step with concentrated nitric acid using an atomic absorption spectrometer (SpectrAA-200, Varian, Mulgrave, Australia) (Baldwin and Marshall, 1999). It should be noted that the parameters of temperature, salinity, oxygen, electrical conductivity and pH were measured at the sampling site by a portable HACH device (HQ30d, HACH, USA). Some tests were performed by the National Research Center of Saline-waters Aquatics. All chemicals used in the tests were manufactured by Merck, Germany.

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

Results and Discussion: Water quality assessment is an essential step for any aquaculture operation. Aquatic organisms experience stress when ecological conditions are unfavorable. These levels of stress negatively affect feeding and growth rates, ultimately reducing production yields (Carbajal-Hernández *et al*., 2013). Various aquatic species have been introduced for aquaculture in desert/aride or inland waters in the world, including tilapia (Nile tilapi is the main species), North African catfish, some carp species, sea bass, sea bream, and some ornamental species (Sadek *et al*., 2011). The are seven popular aquaculture species in Iran that can be cultured in brackish water, including rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), common carp (*Cyprinus carpio*), Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), Asian sea bass (*Lates calcarifer*), cobia (*Rachycentron canadum*), bluga (*Huso huso*), and whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). According to the results, the total water hardness (2261-2802 g/l calcium carbonate) and the amounts of some of the main water ions such as calcium, magnesium, and sulfate were in the range of 448.1-472. 2, 568-500.7, and 3840.4-4200.2 mg/l, respectively. The level of potassium ion (37.3-41.4 mg/l) in the wells was recorded lower than the desired levels in brackish waters. However, the range of pH, total alkalinity, and heavy metals were in accordance with existing standards, and were suitable for aquaculture. Hardness refers to the amount of alkaline earth elements such as calcium and magnesium, as well as many other ions including aluminum, iron, manganese, strontium, and zinc in water (Verma et al., 2022). Excessive water hardness can have detrimental impacts on fish and shellfish, especially crustaceans, including reduced growth, disruption of ion homeostasis, altered energy metabolism, and even histopathological lesions (Boyd and Tucker, 2012; Swain *et al*., 2020; Limbaugh *et al*., 2021). Brackish groundwaters are generally poor in potassium ions, largely due to the fact that potassium is absorbed and unavailable by cation exchange in clay soils (Stumm and Morgan, 2013). The most common substance used to increase potassium concentration in fish pond water is potassium chloride (KCl) fertilizer, which contains 50% potassium (Boyd, 2003).

Conclusion: The results of water quality requirements for some commercial aquatic species showed that the physicochemical parameters of the studied wells are within the tolerable range of rainbow trout, common carp, cobia, and Nile tilapia. Also, the quality of these waters is quite favorable for the cultivation of Asian sea bass. However, in Pacific white shrimp farming practices, it is necessary to perform ionic water manipulations due to the low potassium content, low salinity, and high total hardness in the studied wells.

Conflict of Interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Acknowledgment: This article is prepared from a research project that has been approved and supported by Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI).

Keywords: Brackish groundwater, Unconventional water, Inland aquaculture, Bafq, Yazd

* *Corresponding Author: hosseini.pezhman@yahoo.com; shekarabi@areeo.ac.ir*

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال نوزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۴، صفحه های ۱۳۳-۱۰۷
DOI: 10.71901/jad-2025-4-891

"مقاله پژوهشی"

پتانسیل پرورش آبزیان در آب‌های نامتعارف لب‌شور زیر زمینی در بافق (یزد): مطالعه موردی

سید پژمان حسینی شکرابی[1]*، محمد اخوان بهابادی[1]، حبیب سرسنگی علی‌آباد[1]، محمد محمدی[1]، کاوس نظری[2]، شیما جعفری[3]، کسری لطفی[4]

۱- مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بافق، ایران
۲- بخش علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۳- گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۴- بخش تحقیق و توسعه، اتحادیه تولید و تجارت آبزیان ایران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱/۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۲/۸

چکیده

امروزه صنعت آبزی‌پروری در نقاط مختلف دنیا از جمله ایران رونق گرفته است. اما به دلیل وجود بحران کمبود آب شیرین در جهان، استفاده از منابع آبی نامتعارف به عنوان راهکاری مؤثر برای توسعه پایدار آبزی‌پروری به منظور تولید پروتئین حیوانی و اشتغال باید مورد توجه قرار بگیرد. استان یزد در ایران دارای منابع آب‌های زیرزمینی نامتعارف با آب‌های نسبتاً گرم و لب‌شور می‌باشد که به منابع آب‌های داخلی دسترسی نداشته و بستر مناسبی را برای پرورش و تکثیر گونه‌های غیر بومی فراهم کرده است. در این مطالعه برخی پارامترهای فیزیکی، شیمیایی، یون‌ها و برخی فلزات سنگین آب چاه ۴ مزرعه در شهرستان بافق در استان یزد اندازه گیری شد. با توجه به نتایج، سختی کل آب (۲۲۶۱-۲۸۰۲ گرم بر لیتر کربنات کلسیم) ومقادیر برخی از یون‌ها اصلی آب نظیر کلسیم، منیزیم و سولفات به ترتیب در دامنه ۲/۱-۴۷۲/۴۴۸، ۷-۵۶۸/۵۰۰ و ۳۸۴۰/۴-۴۲۰۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر بود. میزان یون پتاسیم (۴۱/۴-۳۷/۳ میلی‌گرم بر لیتر) در چاه‌های منطقه بافق یزد پایین‌تر از میزان مطلوب در آب‌های لب‌شور ثبت شد. اما میزان pH، قلیائیت و فلزات سنگین کاملاً با استانداردهای موجود مطابقت داشته و برای آبزی‌پروری مناسب بود. با توجه به نیازهای کیفی آب برای برخی گونه‌های تجاری آبزی، نتایج نشان داد ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی چاه‌های مورد مطالعه برای تولید سی‌باس آسیایی، فیل ماهی و تیلاپیا کاملاً مناسب است. اگرچه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب در محدوده قابل تحمل و پرورش گونه‌های کپور معمولی، سوکلا، قزل‌آلای رنگین‌کمان قرار دارد، اما میزان شوری آب رشد کند کپور معمولی را به همراه خواهد داشت و پرورش ماهی قزل آلا صرفاً در فصول سرد سال در منطقه با انجام اقدامات لازم قابل انجام است. درحالی‌که برای پرورش میگو وانامی، با توجه به فقر میزان پتاسیم، شوری کم و بالابودن سختی کل در چاه‌های مورد مطالعه، انجام اصلاحات یونی آب ضروری است.

کلمات کلیدی: آب لب‌شور زیرزمینی، آب نامتعارف،آبزی‌پروری آب‌های داخلی، بافق، یزد

* عهده‌دار مکاتبات: hosseini.pezhman@yahoo.com; shekarabi@areeo.ac.ir

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

مقدمه

امرورزه آبزیان جزء منابع اصلی پروتئین حیوانی برای انسان در دنیا محسوب می‌شوند (Bhujel, 2024). درحقیقت، آبزی‌پروری توانسته مقادیر قابل توجهی از پروتئین حیوانی سالم و با کیفیت را وارد رژیم غذایی انسان کند و درنتیجه نقش بسیار مهمی در تأمین امنیت غذایی و توسعه اقتصاد کشورها در جهان ایفا کند (Pradeepkiran, 2019). افزایش چشمگیر تقاضا برای انواع آبزیان به خصوص ماهی و محصولات مرتبط با آن، موجب رونق گرفتن صنعت آبزی‌پروری در نقاط مختلف دنیا ازجمله ایران شده است. امکان‌سنجی و مطالعه پتانسیل‌های سیستم‌های مختلف پرورش در شرایط محیطی مختلف از جمله پیش‌شرط‌های گسترش صنعت آبزی‌پروری در یک منطقه بخصوص می‌باشد (Sankar, 2023; Zhang *et al.,* 2023). بر همین اساس، توجه به منابع طبیعی مانند آب و زمین به عنوان عامل اصلی توسعه آبزی‌پروری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (FAO, 2014). در واقع، برای اینکه یک سیستم آبزی‌پروری پایدار تلقی شود، باید طراحی مزارع، نوع سیستم پرورش و انتخاب گونه پرورشی بر اساس اصول اکولوژیک انجام شود.

با توجه به وجود بحران جهانی کمبود آب شیرین در کشورهای مختلف از جمله ایران، استفاده بهینه و فراگیر از منابع آبی نامتعارف که برای کشاورزی، شرب، امور بهداشتی و یا صنعت غیرقابل استفاده می‌باشد، به عنوان راهکاری مؤثر برای توسعه آبزی‌پروری به منظور تولید غذا و اشتغال‌زایی باید مورد توجه قرار بگیرد (Karimidastenaei *et al.,* 2022). منابع آبی نامتعارف به آن دسته از آب‌هایی اطلاق می‌شود که از آنها به صورت معمول برای شرب انسانی نمی‌توان استفاده کرد. آب‌های نامتعارف انواع مختلفی دارد و تنها موارد قابل استفاده در آبزی‌پروری شامل آب‌های لب‌شور تا شور، آب‌هایی با دمای نسبتاً بالا و آب‌های تصفیه شده با کیفیت فیزیکوشیمیای پایین است (Buchholz, 2008; Ji *et al.,* 2020). ورود صنعت آبزی‌پروری در هر منطقه‌ای باید با احتیاط لازم و بررسی خصوصیات محیطی آن انجام شود (Pillay, 2004). چراکه از آب‌های آلوده به انواع فاضلاب‌ها (شهری و یا صنعتی) و حاوی فلزات سنگین به دلیل بروز انوع بیماری‌ها و انباشت آلاینده‌ها در لاشه ماهی، به هیچ وجه نمی‌توان در فعالیت‌های آبزی‌پروری استفاده کرد. بنابراین، با توجه به محدودیت منابع آب شیرین، انجام تحقیقات و یافتن راهکارهای مناسب با شرایط هر منطقه برای توسعه و هدایت آبزی‌پروری در آب‌های نامتعارف امری ضروری است تا علاوه بر حفظ ذخایر آب شیرین بتوان از اراضی دارای آب و خاک لب‌شور تا شور نیز بصورت بهینه بهره‌برداری کرد (Ghanei Tehrani *et al*., 2019). نتایج مطالعات فائو نشان می‌دهد استفاده از منابع آبی لب‌شور برای پرورش آبزیان در مناطق گرم و خشک جهان که با کمبود آب شیرین مواجه هستند، روبه ازدیاد است. برای مثال، در تحقیقی که توسط Thomas و همکاران (۲۰۲۱) در هند انجام گرفت، نتایج نشان داد پرورش تیلاپیای نیل در آب زیرزمینی با شوری ۹ گرم بر لیتر به‌طور قابل توجهی راندمان خوراک و پروتئین بالاتری نسبت به ماهی تیلاپیای نیل پرورش‌یافته در آب شیرین داشتند. نتایج تحقیق Partridge وهمکاران (۲۰۰۸) نشان داد پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در آب شور زیرزمینی در جنوب غربی استرالیا باعث افزایش بازماندگی ماهیان و ضریب تبدیل غذایی شد. Ghanei

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

Tehrani و همکاران (۲۰۱۹) امکان پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در آب لب‌شور (شوری ۱۳/۵ گرم بر لیتر) زیر زمینی را در استان خراسان شمالی مطالعه و تولید قابل توجه و اقتصادی آن را گزارش کردند.

انجام فعالیت‌های آبزی‌پروری از سال ۱۳۶۸ در استان یزد به عنوان یکی از استان‌های دارای اقلیم گرم و خشک با منابع آب‌های زیرزمینی نامتعارف (آب‌های نسبتاً گرم و لب‌شور) آغاز شد و همچنین با عنایت به ویژگی‌های اکولوژیک خاص این منطقه و عدم دسترسی به منابع آب‌های داخلی (یک منطقه ایزوله)، بستر مناسبی برای توسعه تکثیر و پرورش آبزیان غیربومی در کشور فراهم کرده است (Alizadeh and Bemani, 2012; Rajabipour *et al.,* 2013). اگرچه مطالعاتی روی پرورش گونه‌های مختلف در این منطقه صورت گرفته اما براساس سالنامه سازمان شیلات ایران در حال حاضر تنها گونه پرورشی تجاری غالب استان، ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) است. این تحقیق، برای اولین بار پتانسیل آبزی‌پروری گونه‌های تجاری مختلف را به‌طور جامع با بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و یونی چاه‌های منطقه بافق به عنوان قطب آبزی‌پروری استان یزد مورد بررسی قرار داده است. در واقع، هدف از انجام این تحقیق بررسی برخی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی، یون‌های اصلی و برخی فلزات سنگین آب چاه مزارع واقع در شهرستان بافق (استان یزد) و مقایسه ویژگی‌های آنها با آب‌های لب‌شور زیرزمینی سایر نقاط جهان و همچنین بررسی امکان پرورش برخی از آبزیان تجاری در این آب‌ها بوده است.

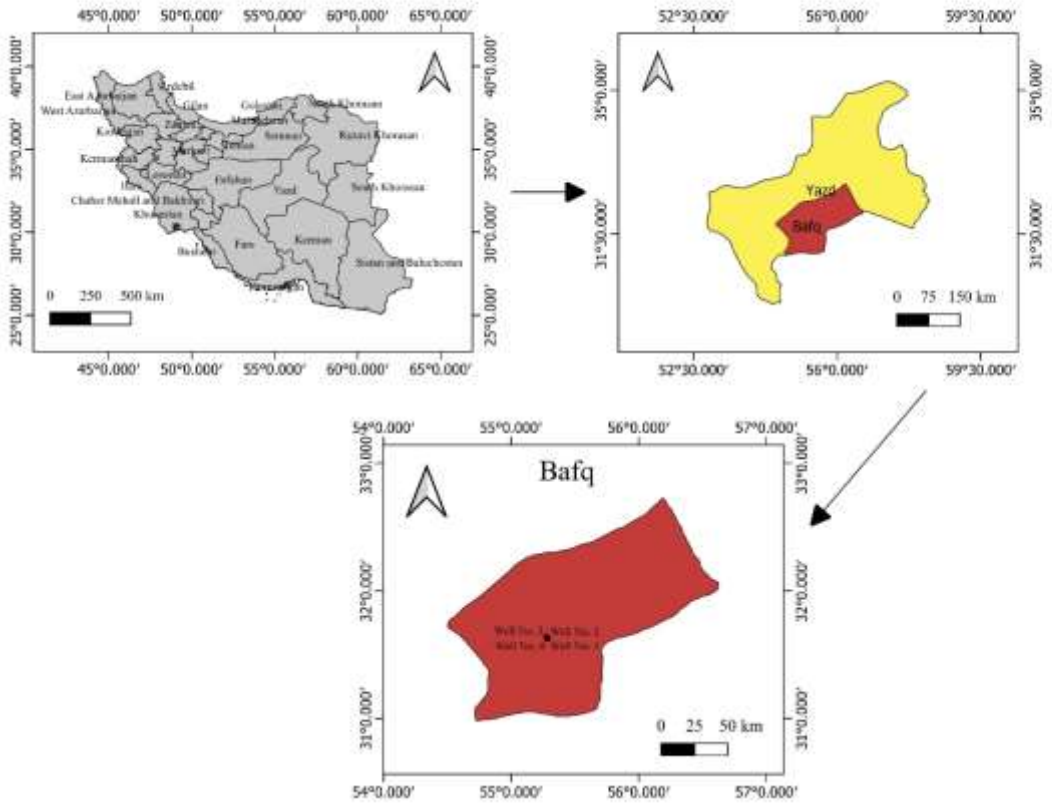
مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه و روش نمونه برداری

تحقیق حاضر جزء تحقیقات توصیفی – مقطعی بوده و نمونه برداری در پاییز سال ۱۴۰۳ مطابق دستورالعمل شماره ۲۳۴۷ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران برای نمونه برداری از آب چاه صورت گرفت. نمونه‌ها در یک نوبت با سه تکرار تهیه شدند. در کل از چهار حلقه چاه متعلق به چهار مزرعه پرورش ماهی تیلاپیا موجود در منطقه آبزی‌پروری بافق (واجد ۵ مزرعه فعال) به ترتیب چاه‌های شماره ۱، ۲، ۳ و ۴ که مختصات جغرافیایی هریک از آنها در شکل ۱ مشخص شده است، نمونه‌برداری و مورد آزمایش قرار گرفت. عمق هریک از این چاه‌ها در حدود ۵۰ (±۱۰) متر و قطر آنها حدود ۳ متر می‌باشد. برای جمع آوری نمونه‌ها، از بطری‌های شیشه‌ای درب سمباده‌ای یک لیتری تیره، که از قبل توسط آب مقطر شستشو داده و در نهایت استریل شده بودند؛ استفاده گردید.

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]



Well No.	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	31°37'21.2" N	55°16'51" N	972
2	31°38'12.1" N	55°16'42" N	978
3	31°37'41" N	55°16'31.7" N	968
4	31°38'3.2" N	55°16'48.1" N	971

شکل ۱: منطقه مورد مطالعه و موقعیت جغرافیایی چاه‌های نمونه‌برداری شده (بافق، استان یزد)

Figure 1: Study area and geographical location of the sampled wells (Bafgh, Yazd Province)

روش انجام آزمایشات

نمونه‌ها حداکثر طی ۶ ساعت با رعایت زنجیره سرد به آزمایشگاه منتقل گردید و پارامترهای فیزیکی (شوری، دما و هدایت الکتریکی) و شیمیایی (pH، کل جامدات محلول، سختی کل، قلیائیت کل، آمونیاک، نیترات، نیتریت، کلر، سولفات، کربنات، بیکربنات، فسفات، سدیم، کلسیم، منیزیم و پتاسیم) از منابع آب‌های زیر زمینی مطابق روش‌های استاندارد جهانی (APHA, 2012) و استانداردهای ملی ایران ۱۰۵۳ مورد آنالیز قرار گرفت. اندازه‌گیری یون سدیم و پتاسیم با فیلم فتومتر (Carning 410) انجام شد و آزمایش‌های تیتریمتری نیز برای تعیین سختی، کلسیم، منیزیم و کلر انجام گرفت. اندازه گیری فلزات سنگین (آهن، روی، کروم، مس، آرسنیک، آلومینیوم و بور) پس از یک

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

مرحله هضم با اسید نیتریک غلیظ توسط دستگاه جذب اتمی (SpectrAA-200, Varian, Mulgrave, Australia) مورد سنجش قرار گرفت (Baldwin and Marshall, 1999). لازم به ذکر است که پارامترهای دما، شوری، اکسیژن، هدایت الکتریکی و pH در محل نمونه برداری توسط دستگاه پرتابل هک (HQ30d, HACH, USA) اندازه‌گیری شدند. برخی آزمایشات توسط مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور انجام گرفت. تمام مواد شیمیایی مورد استفاده در آزمایشات ساخت شرکت Merck آلمان بودند.

تجزیه و تحلیل آماری

تمام آزمایشات در این مطالعه با سه تکرار انجام و نتایج بصورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شد. همچنین نرمال بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس به ترتیب با استفاده از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و لون بررسی شد. سپس گروه‌های آزمایشی با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه و آزمون توکی با مقدار p معنی‌دار کمتر از ۰/۰۵ مقایسه شدند. تمام آنالیزهای داده‌ها به وسیله نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد.

نتایج

نتایج مربوط به ویژگی‌های فیزیکی آب چاه‌های منطقه بافق یزد در جدول ۱، قابل مشاهده است. دمای چهار چاه بررسی شده در بازه ۲۳/۹ تا ۲۴/۳ درجه سانتی‌گراد قرارگرفته است. هدایت الکتریکی برای چاه ۴ با میزان ۱۴/۷۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر نسبت به سایر چاه‌ها بصورت حداکثری ثبت شد ($p<0.05$). میزان شوری آب چاه‌های مورد مطالعه در بازه ۸/۷۰ تا ۹/۳۱ گرم بر لیتر بود، اگرچه چاه شماره ۴ از نظر عددی شوری بالاتری نسبت به سایر چاه‌های مورد مطالعه داشت.

جدول ۱: پارامترهای فیزیکی آب لب‌شور چاه‌های نمونه‌برداری شده در منطقه بافق (استان یزد)

Table 1: Physical parameters of brackish water from the wells in Bafq (Yazd province)

Parameters	Groundwater samples			
	Well No. 1	Well No. 2	Well No. 3	Well No. 4
Temperature (°C)	24.30 ± 0.27	23.7 ± 0.19	24.10 ± 0.20	23.90 ± 0.32
Electrical Conductivity × 10^6 (µS/cm)	12.38 ± 0.63^b	12.52 ± 0.46^b	12.73 ± 0.41^b	14.71 ± 0.88^a
Salinity (ppt)	8.70 ± 0.20	8.86 ± 0.30	9.06 ± 0.22	9.31 ± 0.37

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است ($n=3$; $p<0.05$).

Different letters in each column indicate significant differences ($n=3$; $p<0.05$).

در جدول ۲، پارامترهای شیمیایی آب چاه‌های نمونه برداری شده از منطقه بافق در یزد نشان داده شده است. pH تمامی چاه‌ها در محدوده خنثی (۷/۵۷– ۷/۴۷) قرار داشت. میزان کل مواد جامد محلول (TDS) در چاه‌های مورد مطالعه در بازه ۸۱۲۰ تا ۸۶۹۰ میلی‌گرم بر لیتر قرار داشت. مقادیر اندازه‌گیری شده سختی کل در میان هر ۴ چاه فاقد اختلاف معنی‌دار بود ($p>0.05$) که از نظر عددی بالاترین سختی کل برای چاه شماره ۱ با مقدار

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

۲۸۰۲ میلی‌گرم بر لیتر $CaCO_3$ ثبت شده است. قلیائیت کل بر اساس میلی‌گرم $CaCO_3$ در لیتر در بازه ۱۰۰- ۸۵/۰۶ میلی‌گرم بر لیتر ($CaCO_3$) قرار داشت که کم‌ترین آن بدون وجود اختلاف معنی‌دار در بین چاه‌ها، مربوط به چاه ۲ و بیشترین آن مربوط به چاه ۳ بود ($p>0.05$). برای پارامترهای بی کربنات، نیترات و نیتریت در هر ۴ چاه، هیچ گونه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0.05$). میزان آمونیاک کل در بازه ۰/۰۲۷ تا ۰/۰۵۲ میلی‌گرم بر لیتر قرار داشت ($p>0.05$).

جدول ۲: پارامترهای شیمیایی آب لب‌شور چاه‌های نمونه برداری شده در منطقه بافق (استان یزد)

Table 2: Chemical parameters of brackish water from the wells samples in Bafq (Yazd province)

Parameters	Groundwater samples			
	Well No. 1	Well No. 2	Well No. 3	Well No. 4
pH	7.54 ± 0.04	7.51 ± 0.03	7.47 ± 0.03	7.57 ± 0.02
TDS (mg/l)	8690 ± 288.2	8330 ± 254.5	8120 ± 148.5	8450 ± 59.1
Total hardness (mg/l $CaCO_3$)	2802 ± 185.3	2642 ± 75.4	2261 ± 179.6	2568 ± 150.8
Total Alkalinity (mg/l CaCO3)	88.43 ± 8.2	85.06 ± 5.5	100.00 ± 4.8	90.11 ± 6.1
Carbonate (mg/l CO_3)	ND	ND	ND	ND
Bicarbonate (mg/l)	91.52 ± 5.3	97.62 ± 7.7	94.57 ± 2.0	95.79 ± 1.8
Nitrate (mg/l)	11.89 ± 0.16	13.94 ± 1.1	13.74 ± 0.73	12.66 ± 0.09
Nitrite (mg/l)	0.003 ± 0.001	0.010 ± 0.002	0.083 ± 0.004	0.0169 ± 0.001
Total Ammonia (mg/l)	0.052 ± 0.05	0.041 ± 0.003	0.039 ± 0.003	0.027 ± 0.008

TDS: Total Dissolved Solids، پارامترهای مورد بررسی فاقد اختلاف معنی‌دار بودند ($n=3$; $p>0.05$).

TDS: Total Dissolved Solids ،There were no significant differences in the parameters studied ($n=3$; $p>0.05$).

نتایج مربوط به میزان یون‌ها و فلزات سنگین چاه‌های لب‌شور منطقه بافق یزد در جدول ۳ ارائه شده است. طبق نتایج، در اندازه‌گیری میزان یون‌ها در هیچ یک از چاه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0.05$). با این حال، از نظر عددی، بیش‌ترین میزان سولفات و فسفات به ترتیب با میزان ۴۲۰۰ و ۰/۰۹۲ میلی‌گرم بر لیتر برای چاه ۱ ثبت شده است. در بررسی میزان یون‌های پتاسیم، کلسیم، کلر و سدیم بیش‌ترین میزان این یون‌ها از نظر عددی متعلق به چاه ۱ بود. بالاترین مقدار منیزیم در چاه ۲ بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر چاه‌ها مشاهده شد. در سنجش میزان هر یک از فلزات سنگین بررسی شده در چاه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری دیده نشد ($p>0.05$) و بیش‌ترین غلظت در میان فلزات سنگین مربوط به آهن بود (۰/۲۱ تا ۰/۳۵ میلی‌گرم بر لیتر) که از نظر عددی بیش‌ترین مقدار این فلز در چاه ۴ مشاهده شد.

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

جدول ۳: برخی یون‌ها و فلزات سنگین آب چاه‌های لب‌شور نمونه‌برداری شده در منطقه بافق (استان یزد)

Table 3: Some ions and heavy metals in the water samples of brackish wells in Bafq (Yazd province)

Parameters	Groundwater samples			
	Well No. 1	Well No. 2	Well No. 3	Well No. 4
PO_4^{3-} (mg/l)	0.092 ± 0.028	0.088 ± 0.018	0.085 ± 0.042	0.088 ± 0.065
SO_4^{2-} (mg/l)	4200 ± 265.2	3915 ± 233.0	4065 ± 138.0	3840 ± 274.4
K (mg/l)	41.4 ± 4.8	37.6 ± 3.5	39.3 ± 2.1	37.3 ± 5.3
Ca (mg/l)	472 ± 15.2	455 ± 18.6	448 ± 23.1	460 ± 27.1
Mg (mg/l)	515 ± 22.1	568 ± 25.7	519 ± 28.2	500 ± 30.0
Na (mg/l)	3841 ± 106.6	3772 ± 36.7	3657 ± 96.4	3818 ± 144.9
B (mg/l)	1.60 ± 0.24	1.24 ± 0.20	1.58 ± 0.18	1.10 ± 0.24
Cl (mg/l)	511 ± 72.1	496 ± 66.7	489 ± 50.0	506 ± 55.6
Cr (mg/l)	0.023 ± 0.004	0.013 ± 0.007	0.018 ± 0.005	0.021 ± 0.005
Fe (mg/l)	0.26 ± 0.091	0.21 ± 0.055	0.26 ± 0.057	0.35 ± 0.048
Zn (mg/l)	0.19 ± 0.007	0.22 ± 0.010	0.09 ± 0.001	0.06 ± 0.001
Al (mg/l)	0.105 ± 0.023	0.085 ± 0.017	0.072 ± 0.009	0.094 ± 0.014
As (mg/l)	0.039 ± 0.013	0.029 ± 0.011	0.014 ± 0.008	0.020 ± 0.011
Cu (mg/l)	0.004 ± 0.002	0.004 ± 0.001	0.007 ± 0.006	0.002 ± 0.001

Tپارامترهای مورد بررسی فاقد اختلاف معنی‌دار بودند ($n=3$; $p>0.05$).

There were no significant differences in the parameters studied ($n=3$; $p>0.05$).

بحث

در آبزی‌پروری، پارامترهای کیفی آب تا حد زیادی موفقیت یا شکست پرورش‌ماهی را تعیین می‌کند (Saraswathy *et al.,* 2015). به‌طورکلی، آب‌های زیرزمینی به عنوان مطلوب‌ترین منبع آب برای آبزی‌پروری در نظر گرفته می‌شود، زیرا در یک مکان معین، معمولاً از نظر کیفیت در طول سال ثابت هستند و عاری از آلاینده‌های سمی و موجودات زنده یا انگلی می‌باشند (Arabi *et al.,* 2011). نتایج این مطالعه نشان داد که پارامترهای کیفی آب چاه‌های مختلف فاقد اختلاف معنی‌دار بودند. دما و کیفیت آب‌های زیرزمینی به دلیل ویژگی‌های زمین‌شناسی آبخوان (بستر، شن یا سنگ‌های متخلخل که آب از آن‌ها می‌گذرد) در عرض‌های جغرافیایی مختلف و از مکانی به مکان دیگر متفاوت است (Summerfelt, 2000). در جدول ۴، مقایسه‌ای بین برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب لب‌شور چاه‌های منطقه بافق یزد با چاه‌های لب‌شور سایر کشورها انجام گرفته است. همچنین در این جدول حدود استاندارد پارامترهای کیفی آب برای آبزی‌پروری نیز مشخص شده است.

غلظت کل یون‌های باردار (آنیون‌ها: HCO_3^-، CO_3^-، SO_4^- و Cl^-؛ کاتیون‌ها: Ca^{2+}، Mg^{2+}، K^+، Na^+ ودیگر اجزا شامل No_3^-، NH_4^+ و PO_4^-) به عنوان شوری تعریف می‌شود. در آبزی‌پروری شوری از عوامل اصلی است که بر رشد ماهیان، تراکم و رشد جمعیت آبزیان تأثیر می‌گذارد (Verma *et al.,* 2022). در این مطالعه شوری آب چاه‌ها در بازه ۹/۱۴- ۸/۶۰ گرم بر لیتر قرارگرفته است که طبق اطلاعات جدول ۴، کم‌تر از میزان شوری چاه کشورهای هند (۱۲ گرم بر لیتر) و استرالیا (۱۹/۶ گرم بر لیتر) و بیش‌تر از شوری اعلام شده آب لب‌شور چاه کشور مالزی (۶/۹۱ گرم بر لیتر) می‌باشد. علت تغییرات شوری آب‌های زیرزمینی به اختلاف در خصوصیات کانی‌شناسی آبخوان آن منطقه مربوط است (Boyd, 2003).

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

جدول ۴: مقایسه ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه بافق یزد با سایر کشورها و استانداردهای موجود

Table 4: Comparison of groundwater quality characteristics of Bafq in Yazd with other countries and existing standards

Parameters	Range of standard for fish farming	Underground wells resources					
		Concentration of ions in brackish waters	Helwan-south of Cairo/Egypt	Wakool-Tullakool/ New South Wales/Australia	Rohtak - Haryana/India	Kuala Langat-Selangor/Malaysia	Underground brackish wells in Bafq
Salinity (ppt)	–	–	–	19.6	12	6.91	8.70 –9.31
pH	6.5-9.5	–	6.87 ─ 7.90	7.9	8.01	6.81	7.47 –7.57
Total Hardness (mg/l CaCO3)	400	–	246.1 –499.8	–	1900	–	2802–2261
Alkalinity (mg/l CaCO3)	> 70	–	–	195	230	–	85.06 –100
Calcium (mg/l)	–	308	47.9 –123.17	504	218	65.65	472–448
Potassium (mg/l)	–	75	<11.4	9.2	31.2	11.93	37.6 –41.4
Magnesium (mg/l)	–	125	30.69 –51.16	820	286	241.77	568–500
Sulphate (mg/l)	–	995	51-154	1100	–	1.79	4200–3840
Sodium (mg/l)	–	7745	60.3 –128.5	4210	–	2109.08	3841–3657
Iron (mg/l)	<0.9	–	0.160 –4.033	<0.05	–	12.49	0.21 –0.35
Copper (mg/l)	–0.005 0.1	–	–0.018 0.0001	0.007	–	0.09	0.002 –0.007
Zinc (mg/l)	0-2.3	–	–	<0.001	–	0.02	0.06 –0.22
References	Iranian National Standard 8726	(Saraswathy *et al.,* 2016)	(El-Sayed and Salem, 2015)	(Fielder *et al.,* 2001)	(Pattusamy *et al.,* 2022)	(Harun *et al.,* 2021)	Present study

مقدار pH، شدت اسیدی یا بازی بودن آب را بیان می‌کند و در واقع شاخصی از فعالیت یون هیدروژن (H^+) آب است. اکثر آب‌های زیرزمینی حاوی دی‌اکسیدکربن، بی‌کربنات و کربنات محلول بوده و دارای pH بین ۵ تا ۹ می‌باشند (Boyd and Tuker, 1998). بالا یا پایین بودن pH و خارج بودن آن از محدوده مطلوب باعث کندی رشد شده و مانعی برای تولید مثل ماهی محسوب می‌شود. همچنین تغییرات pH می‌تواند بر موجودات آبزی اثر بگذارد (Boyd and Tuker, 2012). در این مطالعه میزان pH آب هر ۴ چاه بررسی شده در محدوده استاندارد آب مناسب پرورش ماهی قرار داشت.

سختی به مقدار عناصر قلیایی خاکی مانند کلسیم و منیزیم و همچنین بسیاری از یون‌های دیگر از جمله آلومینیوم، آهن، منگنز، استرانسیم و روی در یک بدنه آبی اشاره دارد (Verma *et al.,* 2022). سختی بیش از حد آب می‌تواند پیامدهای مضری را در ماهی و بخصوص سخت‌پوستان ایجاد کند که شامل کاهش

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

رشد، اختلال در تعادل هموستازی یونی، تغییر متابولیسم انرژی و حتی ایجاد آسیب هیستوپاتولوژیک می‌شود (Boyd and Tucker, 2012; Limbaugh *et al.,* 2021; Swain *et al.,* 2020). همانطور که در جدول ۴ قابل مشاهده است، بازه سختی آب چاه‌های مورد مطالعه، از آب‌های روتک و حلوان بیش‌تر است (۲۸۰۲-۲۲۶۱ میلی‌گرم بر لیتر CaCO3) و همچنین سختی آب نسبت به استاندارد آب استخر پرورش ماهی اختلاف بسیار زیادی دارد (۴۰۰< میلی‌گرم بر لیتر). علت سختی بالای آب چاه‌ها می‌تواند به علت وجود بستر آهکی در این منطقه باشد (Entezari *et al.*, 2013).

قلیائیت به صورت میلی‌گرم $CaCO_3$ بر لیتر بیان می‌شود زیرا عمدتاً از سنگ آهک (مخلوط $CaCO_3$ و $MgCO_3$) منشاء می‌گیرد (Boyd *et al.,* 2016). بازه قلیائیت در چاه‌های مطالعه حاضر ۸۵/۰۶ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر CaCO3 اندازه‌گیری شده است که کم‌تر از میزان گزارش شده قلیائیت آب چاه روتک در هند (۲۳۰ میلی‌گرم بر لیتر CaCO3) و حلوان در مصر (۱۹۵ میلی‌گرم بر لیتر CaCO3) می‌باشد و این بازه در حدود مجاز تعیین شده قلیائیت آب برای آبزی‌پروری قرار گرفته است (جدول ۴).

کلسیم به عنوان یک نمک دو ظرفیتی در آب پرورش ماهی یافت می‌شود. کلسیم ممکن است توسط ماهی‌ها هم از آب و هم از غذایی که می‌خورند؛ جذب شود. کمبود کلسیم در آب باعث ایجاد پوسته نرم در سخت پوستان می‌شود چراکه آن‌ها به جذب کلسیم از ستون آب برای سفت شدن پوسته خود پس از پوست‌اندازی متکی هستند (Jana and Sarkar, 2005). طبق موارد مقایسه شده در جدول ۴، غلظت یون کلسیم در چاه‌های منطقه بافق یزد بالاتر از غلظت این یون در آب چاه مالزی، هند و مصر بوده و کم‌تر از میزان کلسیم در آب چاه استرالیا می‌باشد. میزان یون کلسیم در آب هر دو منطقه بافق و استرالیا از میزان تأیید شده این یون در آب لب‌شور بیش‌تر است. علت بالا بودن سطح کلسیم در این آب‌ها ممکن است به دلیل وجود سنگ آهک دولومیت و کربنات‌ها در سفره‌های زیرزمینی باشد (Al-Senafy and Abraham, 2004).

پتاسیم یک نیاز اجباری برای فعالیت پمپ سدیم/پتاسیم (Na^+/K^+ ATPase) است که نقش مهمی در تنظیم یون‌های کل بدن و تنظیم اسمزی در سخت پوستان ایفا می‌کند (Wang *et al.,* 2002). کمبود پتاسیم می‌تواند منجر به هایپر پلاریزه شدن پتانسیل غشاء سلولی شود (Pillard *et al.,* 2002). میزان یون پتاسیم در چاه‌های بافق یزد بیش از میزان آن در چاه‌های کشورهای هند، استرالیا و مصر است با این‌حال مقدار آن (۴۱/۴- ۳۷/۶ میلی‌گرم بر لیتر) کم‌تر از غلظت مناسب در آب‌های لب‌شور است (جدول ۴). در میان آب‌های زیرزمینی سایر کشورهای مقایسه شده در این مطالعه، تنها آب لب‌شور چاه کشور مالزی است که با میزان پتاسیم ۱۰۱/۹۳ میلی‌گرم بر لیتر دارای غلظت بیش‌تر نسبت به میزان مناسب گزارش شده برای آب‌های لب‌شور است. به طورکلی آب‌های زیرزمینی لب‌شور از نظر یون پتاسیم فقیر هستند که این کمبود عمدتاً به دلیل این واقعیت است که پتاسیم توسط تبادل کاتیونی در خاک‌های رسی جذب و از دسترس خارج می‌شود (Stumm and Morgan, 2013). رایج‌ترین ماده برای افزایش غلظت پتاسیم در آب استخرهای پرورش ماهی، کود کلرید پتاسیم (KCl) است که

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

اغلب با نام موریات پتاس شناخته می‌شود و دارای ۵۰٪ پتاسیم خالص است (Boyd, 2003).

منیزیم یک یون ضروری برای میگو و سخت‌پوستان است که دومین ماده معدنی فراوان در اسکلت بیرونی آن‌ها محسوب می‌شود و در چندین عملکرد بیولوژیک مانند تنظیم اسمزی، فعالیت آنزیمی، پوست اندازی، رشد و ایمنی نقش دارد. علاوه بر این، منیزیم به عنوان کوفاکتور در پمپ سدیم/پتاسیم فعالیت می‌کند (Roy *et al.,* 2007). میزان منیزیم در آب چاه‌های مورد مطالعه (۵۶۸-۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، بیش‌تر از میزان آن در آب چاه کشورهای مالزی، هند و مصر بوده و تنها آب چاه کشور استرالیا دارای مقدار بیش‌تر این یون نسبت به چاه بافق یزد می‌باشد (۸۲۰ میلی‌گرم بر لیتر). با این حال، میزان یون منیزیم در تمام کشورهای مقایسه شده به جز مصر، بالاتر از حد مطلوب این یون در آب‌های لب‌شور گزارش شده است (جدول ۴). علت سطوح بالای منیزیم در آب‌های زیرزمینی می‌تواند در اثر تجزیه دولومیت، سنگ آهک و سنگ گچ ایجاد شود. همچنین مقدار CO_2 محلول نیز بر انحلال منیزیم در آب‌های زیرزمینی تأثیر می‌گذارد (Arabi *et al.,* 2013).

با توجه به جدول ۴ و مقایسه آب چاه برخی کشورها با چاه منطقه بافق یزد، بیش‌ترین غلظت سولفات (SO_4^{2-}) با اختلاف بسیار زیاد مربوط به آب چاه‌های بافق یزد بود (۴۲۰۰-۳۸۴۰ میلی‌گرم بر لیتر) که از حد مناسب این یون در آب‌های لب‌شور بسیار بالاتر است (۹۹۵ میلی‌گرم بر لیتر). در آب‌های زیرزمینی معمولاً یون سولفات در اثر انحلال ترکیباته سولفاته مانند ژیپس یا انیدریت تولید می‌شود (Torkmani Tonbaki and Rahnemarad, 2016).

البته ذخایر معدنی باریت (دارای سولفات باریم) از استان یزد تاکنون گزارش شده است. ازطرفی هوازدگی فلزاتی که توسط اکسیداسیون سولفیدی آزاد می‌شوند به‌صورت کانی‌های ثانویه در آب‌های زیر زمینی می‌توانند نفوذ کنند (Pérez-Sirvent *et al.,* 2016). وجود این مواد می‌تواند احتمالاً توجیه علت بالا بودن سطح یون سولفات در چاه‌های منطقه بافق یزد باشد. سولفات می‌تواند باعث استرس اسمزی یا سمیت یونی در موجودات آبزی به ویژه آبزیان در آب‌هایی سبک (غلظت‌های پایین کلسیم و منیزیوم) بشود، چراکه سمیت سولفات به غلظت سایر یون‌های اصلی آب بستگی دارد و کاهش سمیت به سولفات با افزایش سختی آب همراه است (Karjalainen *et al.,* 2023). بنابراین با توجه به سختی بالا و همچنین غلظت بالای یون‌های اصلی چاه‌های آب این منطقه، بالابودن یون سولفات آب مشکلی برای آبزی‌پروری ایجاد نخواهد کرد.

یکی از راه‌های ورود فلزات سنگین به سیستم‌های آبی، شسته شدن و حل شدن سنگ بستر می‌باشد (Fernandez and Herreo, 2000). ماهی‌ها از طریق آبشش این عناصر را از آب دریافت می‌کنند که می‌توانند رشد، سلامت، بقا و نمو آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهند (Farkas *et al.,* 2002; Sonone *et al.,* 2020). علاوه بر این، تجمع فلزات سنگین در بافت ماهیچه آبزیان پرورشی می‌تواند سلامت مصرف‌کنندگان را به خطر بیاندازد. طبق نتایج ذکر شده در جدول ۴، غلظت عناصر سنگین آب‌های زیرزمینی مورد مطالعه در این تحقیق شامل آهن، روی و مس موجود در محدوده مجاز بوده و از این نظر مانعی

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

برای استفاده از این آب‌ها برای پرورش ماهی وجود ندارد.

ارزیابی کیفیت آب برای هر عمل آبزی‌پروری یک اقدام ضروری است. موجودات آبزی در زمانی که شرایط اکولوژیک نامناسب باشد دچار استرس می‌شوند. این سطوح از استرس روی نرخ تغذیه و رشد اثر منفی دارد و در نهایت سبب کاهش میزان عملکرد تولید می‌شود (Carbajal-Hernández *et al.,* 2013). گونه‌های آبزی مختلف جهت آبزی‌پروری در بیابان یا آب‌های داخلی معرفی شده اند که می‌توان به تیلاپیا (گونه اصلی)، گربه‌ماهی آفریقای شمالی، برخی از کپور ماهیان، ماهی باس دریایی، شانک و برخی گونه‌های زینتی مانند ماهی کوی اشاره نمود (Sadek *et al.,* 2011). در جدول ۵، حدود بهینه پارامترهای آب برای هفت گونه پرطرفدار آبزی‌پروری در ایران با قابلیت پرورش در آب لب‌شور شامل ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، تیلاپیا نیل (*Oreochromis niloticus*)، سی‌باس آسیایی (*Lates calcarifer*)، ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*)، فیل ماهی (*Huso huso*) و میگو وانامی (*Litopenaeus vannamei*) به همراه دامنه پارامترهای اندازه‌گیری شده آب لب‌شور چاه‌های مورد مطالعه در منطقه بافق استان یزد خلاصه شده است.

جدول ۵: محدوده ایده‌آل برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی کیفی آب برای پرورش برخی گونه‌های آبزی تجاری

Table 5: Optimal range of some physical and chemical water quality parameters for rearing some commercial aquatic species

Species	Temperature	pH	Salinity (‰)	Total Hardness	Nitrate (mg/L)	Nitrite (mg/L)	Ammonia (mg/L)	Fe (mg/L)	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	K (mg/L)	References
Oncorhynchus mykiss	۱۲–۲۱	۶٫۵–۹٫۵	۰–۳۵	۱۰–۴۰۰	<۳/۰	<۰/۲	۰٫۰۳- ۰٫۰۲	<۱/۰	<۰/۳	<۰/۰۵	–	(IDEQ, 1998; FAO, 2009a; FAO, 2011)
Cyprinus carpio	۲۳–۳۰	۶٫۵–۹	<۶	>۱۵	<۵۰	<۰/۱	<۱/۰	-	-	–	–	(FAO, 2009b; Goran *et al.,* 2016)
Oreochromis niloticus	۲۰–۳۶	۵٫۵–۹	۱–۸	۵۰–۲۵۰	<۵۰۰	<۰/۵	<۰/۱	-	-	-	-	(Rebouças *et al.,* 2016; Monsees *et al.,* 2017; Bonham, 2022)
Lates calcarifer	۲۶–۳۲	۷٫۵–۸٫۳	۰–۳۶	>۱۵۰	<۱۵۰	<۱/۰	<۱/۰	-	-	-	۴۵–۱۷۸	(Tiensongrusmee *et al.,* 1989; Tookwinas and Charearnird, 1988; Jamerlan and Coloso, 2010)

-: گزارش نشده است. -: Not reported.

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

ادامه جدول ۵:

Continued Table 5:

Species	Temperature	pH	Salinity (‰)	Total Hardness	Nitrate (mg/L)	Nitrite (mg/L)	Ammonia (mg/L)	Fe (mg/L)	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	K (mg/L)	References
Litopenaeus vannamei	۲۳–۳۰	۷٫۲–۸٫۵	۱۰–۱۵	<۱۰۰۰	<۲۲۰	<۰/۵	<۰/۰۵	<۱/۰	۰/۰۲۵	<۰/۱	۱۰۰–۴۰۰	(Boyd, 2001; FAO, 2004; Kuhn *et al.,* 2010; Eddiwan *et al.,* 2020; Venkateswarlu *et al.,* 2019; Durai *et al.,* 2021)
Rachycentron canadum	۲۷–۳۰	۷٫۴–۸٫۵	۴۴/۵–۵	>۱۸۰	<۱۰۰۰	<۱/۰	<۰/۱۸	–	–	–	۵۵–۱۷۰	Shaffer and Nakamura, 1989; Rodrigues *et al.,* 2011; Antony *et al.,* 2021
Huso huso	۱۸–۲۵	۷٫۵–۸٫۶	۸–۱۶	۸–۱۲	<۱۵۰	<۰/۲	<۰/۰۱	<۰/۵	<۰/۰۱	<۰/۰۳	–	(Chebanov and Galich, 2013; Chebanov, 2019)
Groundwaters	۲۳/۷– ۲۴/۳	۷٫۵۷–۷٫۴۷	–۹/۲۱ ۸/۶۰	۲۲۶۱– ۲۸۰۲	–۱۳/۹۴ ۱۱/۸۹	–۰/۰۸۳ ۰/۰۰۳	–۰/۰۵۲ ۰/۰۲۷	–۰/۳۵ ۰/۲۱	–۰/۰۰۷ ۰/۰۰۲	–۰/۲۲ ۰/۰۶	–۴۱/۴ ۳۷/۶	Present study

-: گزارش نشده است..Not reported :-

نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورش یافته در آب لب‌شور از رشد مناسب تری نسبت به ماهی پرورش داده شده در آب شیرین برخوردار است (Altinok and Grizzle, 2001; Farabi *et al.,* 2020). با توجه به اپتیمم کیفیت آب مورد نیاز این ماهی و مقایسه آن‌ها با پارامترهای بررسی شده آب چاه های مورد مطالعه (جدول ۵)، pH، شوری، نیتریت، آمونیاک و فلزات سنگین موجود در آب چاه‌ها در محدوده مطلوب ماهی قرار داشته و برای پرورش مناسب هستند (Alizadeh, 1996). اما دما، سختی کل و میزان نیترات موجود در آب چاه‌ها دارای مقادیر بالاتر از نیاز ماهی قزل آلا هستند. دمای بهینه آب برای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان زیر ۲۱ درجه سانتی‌گراد و در بیشتر رفرانس‌ها محدوده ۱۷ درجه سانتی‌گراد ذکر است (FAO, 2009). بنابراین اقدام به پرورش این ماهی در فصول سرد سال در منطقه همراه با هوادهی، عدم تعویض حجم بالای آب در روز و همچنین عدم غذادهی در ساعات گرم روز توصیه می‌شود. بالا بودن میزان نیترات آب و افزایش آن بیش از تحمل ماهی می‌تواند بر تنظیم اسمزی و انتقال اکسیژن اثرگذار باشد. برای بالابردن تحمل قزل‌آلای رنگین‌کمان در برابر مقدار بالای نیترات موجود در آب چاه های مورد مطالعه می توان غلظت یون کلسیم را افزایش داد (Ehramposh *et al*., 2017). بازه سختی آب چاه ها بسیار بالاتر از حد مطلوب قزل‌آلای رنگین‌کمان است ولی با این وجود نتایجی از پرورش این ماهی در آب‌هایی با سختی کل بالا وجود دارد برای مثال، Ghanei Tehrani و همکاران (۲۰۲۰)،

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را در آب لب‌شور زیرزمینی در منطقه اسفراین (خراسان شمالی) با میزان سختی آب ۴۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و شوری ۱۴ گرم بر لیتر پرورش دادند و با توجه به نتایج، ماهیان از وضعیت خوبی در پرورش با این آب برخوردار بودند.

بررسی نیازهای پرورشی ماهی کپور معمولی نشان داد تمامی پارامترهای آب چاه‌های منطقه مطالعه شده به غیر از شوری برای پرورش این ماهی مناسب است (جدول ۵). شوری مطلوب برای پرورش ماهی کپور حداکثر ۶ گرم بر لیتر گزارش شده است اما این ماهی در شوری ۱۰ گرم بر لیتر نیز پرورش داده شده است (Anand *et al.,* 2022). بازه شوری آب چاه‌های مورد مطالعه ۸/۷۰ تا ۹/۳۱ ثبت شده است. بنابراین، شرایط چاه‌های منطقه برای ماهی کپور معمولی قابل تحمل با نرخ رشد کند همراه خواهد بود. برای رساندن شوری به حد مطلوب این ماهی می‌توان آب چاه را در صورت وجود با آب شیرین در سیستم‌های مداربسته پرورش رقیق نمود. همان‌طور که Iffat و همکاران (۲۰۲۰)، از آب شور زیر زمینی با شوری ۱۵ گرم بر لیتر برای پرورش ماهی کپور معمولی استفاده کردند و آب چاه را توسط آب شیرین به شوری ۱۰ و۵ گرم بر لیتر رساندند. با توجه به آزمایش انجام شده توسط Malik و همکاران (۲۰۱۸) در رابطه با تاثیر سطوح مختلف شوری بر ماهی کپور معمولی نتایج نشان داد، بیشترین لقاح، تخم‌ریزی و بقای بچه ماهی در شوری ۰ تا ۱۰ گرم بر لیتر با بازه سختی ۲۹۳ تا ۱۳۸۶ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. همچنین نتایج تحقیقات Daudpota (۲۰۲۰) ثابت کرد، کپور معمولی را می‌توان تا شوری ۱۵ گرم بر لیتر پرورش داد و شاهد رشد قابل قبول و میزان بقای بالای آن بود. بنابراین با توجه به موارد ذکر شده می‌توان برداشت کرد که شوری آب چاه‌های منطقه بافق یزد نیز می‌تواند برای پرورش *C. carpio* قابل تحمل و اجرا باشد؛ اگرچه نرخ رشد و بهره‌وری خوراک این ماهی در این شرایط محیطی مختلف و یون‌های آب باید آزمایش شود.

طبق آخرین سالنامه آکاری فائو، تیلاپیای نیل (*O. niloticus*) سومین گونه ماهی پرورشی در سطح جهان است که ۹ درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص می دهد (FAO, 2022). این گونه به دلیل سازگاری، مقاومت نسبی در برابر بیماری و شرایط استرس‌زا، رشد سریع و داشتن ضریب تبدیل غذایی مناسب، گونه‌ای برجسته در صنعت آبزی‌پروری جهانی محسوب می‌شود (Li *et al.,* 2024). محدوده مطلوب پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب چاه‌های مورد مطالعه برای ماهی تیلاپیا نیل در جدول ۵ نشان داده که بازه تمامی پارامترهای آب بجز سختی کل در این تحقیق در دامنه مطلوب تولید این ماهی قرار دارد. با توجه به بالا بودن سختی آب چاه‌ها و اختلاف زیاد با حد مطلوب ماهی تیلاپیا، لازم است اقداماتی صورت گیرد. برای کاهش سختی آب، مواد معدنی موجود در آب باید حذف شوند که این کار را می‌توان با استفاده از هر ماده شیمیایی مانند زئولیت که یک کمپلکس را تشکیل می‌دهد و مواد معدنی را به شدت متصل می‌کند، انجام داد (Muralidhar *et al.,* 2016). اگرچه میزان شوری آب با اختلاف بسیار اندک با شوری بهینه ماهی تفاوت دارد ولی در کل از محدوده قابل تحمل و پرورش تیلاپیا نیل خارج نیست. در واقع برخی رفرانس‌ها شوری بهینه آب برای بهترین عملکرد رشد ماهی تیلاپیا ۸-۱ گرم بر لیتر گزارش شده است (De Azevedo *et al.,* 2015). ولی با توجه به مطالعات

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

انجام گرفته، مشخص شده است که پرورش تیلاپیای نیل در آب لب‌شور تا سطح شوری ۱۵ گرم بر لیتر نیز امکان پذیر بوده است (Popma and Masser, 1999). Sarsangi Aliabad و همکاران (۲۰۱۲)، پرورش و سازگاری ماهی تیلاپیا نیل و تیلاپیا قرمز را در آب لب‌شور زیرزمینی بافق یزد با شوری ۱۱/۴۷ گرم بر لیتر مورد بررسی قرار دادند و با توجه به رشد مناسب و بازماندگی بالای ۹۸ درصد ماهیان در انتهای دوره پرورش دریافتند گونه تیلاپیا به خوبی با شرایط آب لب‌شور سازگار شده و قابلیت پرورش دارد. Fuadi و همکاران (۲۰۲۱)، تحقیقی در رابطه با پاسخ رفتار ماهی تیلاپیا (*O. niloticus*) به تفاوت‌های شوری انجام داده و دریافتند رفتار ماهی تیلاپیا نشان دهنده استرس اندک در طول تغییرات شوری تا سطوح ۱۰ گرم بر لیتر بود؛ با این حال زمانی که سطح شوری به ۳۰ گرم بر لیتر افزایش یافت ماهی‌ها استرس شدیدی را تجربه کردند. نتایج مطالعات Hassan (۲۰۱۷) نشان داد، ماهی تیلاپیا نیل توان تحمل شوری بین ۰ تا ۱۰ گرم بر لیتر را داراست اما مناسب‌ترین سطح شوری برای این ماهی ۵ گرم بر لیتر بود که حداکثر رشد تیلاپیا در این شوری ثبت شده است.

L. calcarifer که به سی‌باس آسیایی یا در استرالیا به بارامونڈی شناخته می‌شود یکی از گونه‌های خانواده Latidae است. این گونه ماهی جزء آبزیان یوری‌هالین و قادر به تحمل محدوده زیادی از شوری (۰ تا ۴۰ گرم بر لیتر) است. پرورش این گونه مزایای زیادی همچون مقاومت بالا نسبت به تراکم و تغییرات فیزیولوژیک، تکثیر نسبتاً ساده و سرعت رشد بالا دارد (Jerry, 2013). با توجه به نیازهای زیستی سی‌باس، تمام پارامترهای مورد بررسی در این مطالعه برای پرورش این گونه کاملاً مناسب است. در این راستا، Mozanzadeh و همکاران (۲۰۲۱) ، مطالعه‌ای در رابطه با اثر سطوح مختلف شوری بر ماهی سی‌باس داشتند که با توجه به نتایج آنها، مقدار شوری ۶ تا ۱۲ میلی‌گرم بر لیتر برای پرورش این گونه یوری‌هالین امکان پذیر است. در تحقیقی دیگر، Wijayanto و همکاران (۲۰۲۰) اثر شوری با سطوح ۰/۵، ۵ و ۱۰ گرم بر لیتر را روی ماهی سی‌باس آسیایی بررسی کردند که نتایج نشان داد بیش‌ترین میزان رشد ماهی در شوری ۵ گرم بر لیتر حاصل شد و هیچ اختلاف معنی‌داری در ضریب تبدیل غذایی بین تیمارها با سطوح شوری متفاوت وجود نداشت. Partridge و Creeper (۲۰۰۴) دریافتند که ماهی بارامونڈی پرورش یافته در منبع آب زیرزمینی شور (۴۵ گرم بر لیتر) با ۲۵ درصد هم ترازی پتاسیم، در مقایسه با ماهی رشد کرده در آب دریا با شوری معادل، سطوح سدیم و کلرید در پلاسمای خون افزایش و سطح پتاسیم در ماهیچه کاهش یافته است. این امر سبب میوپاتی عضلات و مرگ در ماهیان شده است. در تحقیق دیگر پرورش ماهی بارامونڈی در آب لب‌شور زیرزمینی در استرالیا با با مقادیر مختلف اصلاح یون پتاسیم مورد سنجش قرار گرفت و نتایج نشان داد در شوری هیپراسموتیک (۴۵ گرم بر لیتر) نسبت به شوری نزدیک به ایزوسمزی (۱۵ گرم بر لیتر) یا هیپوسمزی (۵ گرم بر لیتر) به پتاسیم بیشتری نیاز دارد. پرورش این ماهی در آب لب‌شور ۱۵ گرم بر لیتر نیاز به اصلاح یون پتاسیم آب برای رسیدن به حداقل ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم و در شوری ۵ گرم بر لیتر نیاز به حداقل ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم می‌باشد. در صورتی که در آب شور ۴۵ گرم بر لیتر، نیاز به یون پتاسیم جهت تنظیم اسمزی ماهی بارامونڈی به حداق ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

بر لیتر جهت دستیابی به حداقل تلفات و حداکثر عملکرد رشد است (Partridge and Lymbery, 2008). بنابراین باتوجه به نتایج این تحقیق پرورش ماهی بارامونده‌ی نسبت به سایر ماهیان دریایی برای پرورش در آب‌های زیرزمینی لب‌شور داخلی بافق، نیاز کمتری به غنی‌سازی با پتاسیم دارد. اگرچه برای تکثیر و رسیدگی جنسی نیاز به نگهداری ماهیان در شوری حداقل ۲۸-۳۵ گرم بر لیتر می‌باشد (Hosseini and Mehrjan, 2015).

ماهیان خاویاری (خانواده Acipenseridae) از قدیمی‌ترین ماهیان بومی ایران محسوب می‌شوند که بزرگ‌ترین گونه از این ماهیان به عنوان فیل ماهی با نام علمی *Huso huso* می‌باشد (Chebanov and Galich, 2013). باتوجه به خطر انقراض این گونه و همچنین اهمیت تجاری تولید خاویار ایران، تکثیر و پرورش این ماهی بومی در کشور اهمیت بسزایی دارد. با در نظر گرفتن شرایط فیزیکوشیمیایی چاه‌های مورد مطالعه، پرورش و خاویارسازی فیل ماهی در منطقه امکان پذیر است و در تایید این ادعا مقالات متعددی وجود دارد. برای مثال، Alizadeh و همکاران (۲۰۰۷ و ۲۰۰۸) موفق به سازگاری و پرورش فیل ماهی با میزان تولید نهایی ۴/۸ تن در هکتار در استخرهای خاکی آب لب‌شور در منطقه بافق یزد شدند. در ادامه همچنین، Rajabipour; و همکاران در سال ۲۰۱۳، مولدسازی فیل ماهی پرورشی را انجام داده و نتیجه آن رسیدن به مرحله بلوغ جنسی سه در بین ماهیان حاضر بود. در نهایت در سال ۲۰۲۱، Mohammadi و همکاران با روش‌های سونوگرافی، بیوپسی و لاپاروسکوپی روند تکاملی گنادها و استحصال خاویار در این گله از ماهیان را گزارش کردند.

یکی از الزامات توسعه آبزی‌پروری، پرورش گونه‌های جدید می‌باشد. در این میان، ماهیان بومی از اولویت‌های بالایی برخوردار هستند. یکی از ماهیان دریایی که واجد مزایایی ازجمله نرخ رشد بالا بوده، ماهی سوکلا یا کوبیا (*R. conadum*) است که از گونه‌های بومی جنوب ایران است. Antony و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که ماهیان سوکلای پرورشی ذخیره شده در آب‌های زیرزمینی لب‌شور با شوری‌های مختلف (۵-۱۵ گرم بر لیتر) امکان پذیر بوده اما با افزایش شوری این آب‌ها نیاز به اصلاح یون پتاسیم (افزودن یون پتاسیم تا ۱۰۰ درصد) جهت بهبود قابلیت تنظیم اسمزی تنظیم با رشد بهینه نیاز است. این محققان نشان دادند که در آب‌های زیر زمینی لب‌شور بدون دستکاری یون‌های آب، ماهی سوکلا رشد بیشتری در شوری ۵ گرم بر لیتر نسبت به شوری‌های ۱۰ و ۱۵ گرم بر لیتر دارد. انرژی صرف شده جهت فرآیند اسمزی در آب‌ها با شوری اندک کاهش یافته و در نتیجه رشد سوماتیک بدن افزایش می‌یابد (Bœuf and Payan, 2001).

میگو وانامی (*L. vannamei*) که معمولاً به عنوان میگوی سفید اقیانوس آرام شناخته می‌شود، به دلیل اهمیت اقتصادی بالای آن به یکی از گونه‌های محبوب در آبزی‌پروری تبدیل شده است. با توجه به جدول ۵ و محدوده مطلوب پارامترهای کیفی آب برای میگو وانامی، مشخص است که میزان پتاسیم، شوری و سختی آب چاه‌های مورد مطالعه خارج از محدوده مطلوب پرورش این آبزی قرار دارد. میزان شوری مطلوب برای میگو وانامی ۱۰-۱۵ گرم بر لیتر است، درحالی که بازه شوری آب چاه‌ها کمتر از این حد اپتیمم است. اگرچه *L. vannamei* در آب‌هایی با دامنه شوری وسیع (۱ تا

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

۴۰ گرم بر لیتر) یافت می‌شود. در آب‌هایی با شوری ۲، ۴ و ۸ در هزار مشکلی در رشد میگو وانامی دیده نشده است. در واقع تحمل بالای وانامی نسبت به شوری، این گونه را به یک کاندید عالی برای پرورش در آب‌های داخلی تبدیل کرده است (Saraswathy *et al.,* 2016; Davis *et al.,* 2004). اما برای پرورش این گونه، مشخصات یونی آب مهم‌تر از شوری آن است. زیرا مشخصات یونی آب با فیزیولوژی رشد میگو در ارتباط است (Novriadi *et al.,* 2021). Antony و همکاران (۲۰۱۵)، نسبت ایده‌آل یون سدیم به پتاسیم (Na+/K+) را بین ۲۵:۱ و ۴۵:۱ برای پرورش میگو وانامی به ترتیب در شوری ۱۰ و ۱۵ گرم بر لیتر و نسبت ۲۵:۱ برای پرورش در شوری ۵ گرم بر لیتر بهینه یافتند. با توجه به این که در این مطالعه مقدار پتاسیم در آب چاه‌ها کم‌تر از نصف حد پایین مطلوب میگو ثبت شده است و میانگین نسبت Na+/K+ چاه‌ها حدوداً ۹۶:۱ است؛ این اختلاف بسیار زیاد می‌تواند مشکل جدی برای پرورش میگو وانامی در این منطقه ایجاد کند. در آب‌هایی که نسبت کلسیم به پتاسیم و سدیم به پتاسیم بالا است، افزودن پتاسیم به آب می تواند رشد میگو را افزایش دهد (Sharma *et al.,* 2023). در صورت کمبود ماده معدنی پتاسیم در آب استخر پرورش میگو باید آن را با افزودن نمک هایی مانند پتاسیم کلراید (KCl)، پتاسیم منیزیم سولفات ($K_2SO_42MgSO_4$) و پتاسیم سولفات (K_2SO_4) اصلاح کرد (Muralidhar *et al.,* 2016). مورد دیگری که باعث محدودیت پرورش وانامی در منطقه بافق یزد می‌شود، بالا بودن سختی آب چاه‌ها است (بازه ۲۲۶۱-۲۸۰۲ میلی‌گرم بر لیتر) که یکی از عوامل نامناسب برای پرورش سخت پوستان است و به عنوان عاملی محدودکننده بر رشد و پوست‌اندازی میگو محسوب می‌شود (Wicknis and Lee, 2008). Mashaei و همکاران (۲۰۰۸)، امکان پرورش میگوی پا سفید (*L. vannamei*) را در آب‌های لب‌شور زیرزمینی بافق یزد بررسی کردند که نتایج حاکی از رشد نامطلوب میگوها و درصد بازماندگی پایین آن‌ها بود. در مطالعه‌ای دیگر Nafisi (۲۰۰۶)، اصلی‌ترین عامل کندی رشد و پایین بودن درصد بازماندگی میگوی روزنبرگی (*Macrobrachium rosenbergii*) را بالا بودن سختی آب لب‌شور بافق ذکر کردند. اگرچه ترکیب یونی آب‌های زیرزمینی لب‌شور شباهت هایی با آب دریا با شوری معادل دارد؛ اما کمبود پتاسیم و یا منیزیم و همچنین نامتعادل بودن نسبت‌های برخی یون‌ها (مانند نسبت سدیم به پتاسیم) از دلایل محدودیت استفاده از این آب‌ها برای رشد و بقای سخت پوستان در نظر گرفته شده است. پتاسیم یک کاتیون ضروری درون سلولی است که نقش حیاتی در تنظیم اسمزی یون‌های تک ظرفیتی برای حفظ تعادل آب سلولی و تعادل اسید/باز همولنف در سخت‌پوستان ایفا می‌کند (Antony *et al.,* 2019). نگهداری میگوهای خانواده پنائیده در آب‌هایی با فقر پتاسیم منجر به کاهش ظرفیت تنظیم اسمزی و در دراز مدت می‌تواند منجر به مرگ و میر کامل آنها شود (Prangnell and Fotedar, 2006). بنابراین، در صورت پرورش میگو وانامی در آب‌های مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود که کمبود یون پتاسیم به صورت افزودن نمک در آب و یا به جیره غذایی در سیستم‌های پرورش بسته جهت دستیابی به حداکثر بهره‌وری تولید انجام شود.

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

نتیجه‌گیری

با توجه به مقادیر ثبت شده سختی کل و مقایسه با استانداردهای موجود، آب چاه‌های منطقه بافق یزد جزء آب‌های با سختی بسیار بالا طبقه‌بندی می‌شود که این میزان از سختی می‌تواند برای پرورش برخی گونه‌های آبزی با حساسیت بالا مشکل ساز باشد. آب چاه‌های مورد مطالعه مانند آب‌های زیرزمینی سایر کشورهای بررسی شده، از نظر میزان یون پتاسیم فقیر بوده و بهتر است برای جلوگیری از بروز مشکل برای آبزیان پرورشی به خصوص سخت پوستان اقداماتی مانند افزودن نمک‌های حاوی K^+ به آب انجام شود. به دلیل جنس بستر منطقه و دارا بودن سنگ‌های آهکی و گچی، آب چاه‌ها دارای میزان بالای یون‌های کلسیم، منیزیم و به خصوص سولفات می‌باشد که میزان این یون‌ها نسبت به برخی کشورهای مقایسه شده بالاتر است. پارامترهای pH، قلیائیت و میزان فلزات سنگین (آهن، مس و روی) ثبت شده برای چاه‌های مورد مطالعه همگی در بازه استاندارد قرار داشته و برای پرورش ماهی مناسب بوده‌اند. با توجه به بررسی‌های انجام شده و در نظر گرفتن پارامترهای کیفی آب برای پرورش برخی گونه‌های تجاری آبزی می‌توان گفت آب چاه‌های منطقه بافق یزد برای پرواربندی سی‌باس آسیایی و تکثیر و پرورش ماهی تیلاپیا و فیل ماهی کاملاً مناسب است. اگرچه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی چاه‌های مورد مطالعه در محدوده قابل تحمل و پرورش کپور معمولی، سوکلا، قزل‌آلای رنگین‌کمان قرار دارد، اما میزان شوری آب رشد کند کپور معمولی را به همراه خواهد داشت و پرورش ماهی قزل آلا صرفاً در فصول سرد سال قابل انجام است. درحالی‌که در رابطه با پرورش میگو وانامی، پارامترهای پتاسیم و سختی آب خارج از محدوده ایده‌آل پرورش این آبزی بوده و انجام اصلاحات یونی آب برای پرورش میگوی وانامی در این منطقه در سیستم‌های بسته امکان‌پذیر و ضروری به نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی مصوب و مورد حمایت موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور می‌باشد.

منابع

1. Alizadeh, M., 1996. Rainbow trout farming in earthen ponds using underground saline water. Extension publication of the Iranian Fisheries Propagation and Breeding Department, Iran. pp.13-15. [in Persian]
2. Alizadeh, M., Nafisi, M., Tahouri, H., Sarsangi, H. and Dashtekian, K., 2007. Studying the possibility of rearing bluga, *Huso huso*, in brackish water earthen ponds. Final report of the National Institute of Fisheries Sciences Research, Iran. 60 P. [in Persian]
3. Alizadeh, M., Sepahdari, A., Rajabipour, F. and Sarsangi, H., 2008. Studying the effect of different levels of dietary protein and energy on body growth performance and gonadal development of 4-year-old bluga reared in brackish water. Final report of the National Institute of Fisheries Sciences Research, Iran. 91 P. [in Persian]
4. Alizadeh, M. and Bemani, A., 2012. Environmental impact assessment of *Tilapia nilotica* Farming Project in Bafq Region, Yazd Province. *Khoshkboom Quarterly Scientific-Research Journal*, *2*(2), pp.53-40. [in Persian]
5. Al-Senafy, M. and Abraham, J., 2004. Vulnerability of groundwater resources from agricultural activities in southern Kuwait. *Agricultural Water*

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

American public health association.
12. Arabi, A.S., Funtua, I.I., Dewu, B.B.M., Garba, M.L., Okoh, S., Kwaya, M.Y., Bolori, M.T., 2013. Assessment of calcium and magnesium concentrations in groundwater as supplements for sleep related ailments. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, *3*(7), pp.29-35.
13. Arabi, S.A., Kwaya, M.Y., Jauro, L.A. and Jaoji, A.A., 2011. Assessment of surface and groundwater quality for use in aquaculture in parts of northern Nigeria. *Research Opinions in Animal* and *Veterinary Sciences*, 1(8), pp.473-481.
14. Baldwin, D.R. and Marshall, W.J., 1999. Heavy metal poisoning and its laboratory investigation. *Annals of Clinical Biochemistry*, *36*(3), pp.267-300. DOI: 10.1177/000456329903600301
15. Bhujel, R.C., 2024. Global aquatic food production. In Aquatic Food Security, 99-126.
16. Bœuf, G. and Payan, P., 2001. How should salinity influence fish growth?. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, *130*(4), pp.411-423.
17. Bonham, V., 2022. *Oreochromis niloticus* (Nile tilapia). CABI Compendium. DOI: 10.1079/cabicompendium.72086
18. Boyd, C.E., 2001. Soil and Water Quality Considerations in Shrimp Farming. In Haws, M., Boyd, C.E. (Eds.) Methods for Improving Shrimp Farming in Central America. pp.1-30. CRC Press.
19. Boyd, C.E., 2003. Mineral salts correct imbalances in culture water. *Global Aquaculture Advocate*, *6*(4), pp.56-57.
20. Boyd, C.E. and Tucker, C.S., 1998. Water quality requirements. *Pond Aquaculture Water Quality Management*, pp.87-153. DOI: 10.1007/978-1-4615-5407-3
21. Boyd, C.E. and Tucker, C.S., 2012. Pond aquaculture water quality *Management*, *64*(1), pp.1–15. DOI: 10.1016/S0378-3774(03)00195
6. Altinok and, I. and Grizzle, J.M., 2001. Effects of brackish water on growth, feed conversion and energy absorption efficiency by juvenile euryhaline and freshwater stenohaline fishes. *Journal of Fish Biology*, *59*(5), pp.1142-1152. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2001.tb00181.x
7. Anand, G., Srivastava, P.P., Varghese, T. and Gupta, S., 2022. Rearing in hypersaline inland ground saline water affect growth and osmoregulatory responses of common carp. *Research Square*, *16*. DOI: 10.21203/rs.3.rs-1164718/v1
8. Antony, J., Reddy, A.K., Sudhagar, A., Vungurala, H.K. and Roy, L.A., 2021. Effects of salinity on growth characteristics and osmoregulation of juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus 1766), reared in potassium-amended inland saline groundwater. *Journal of the World Aquaculture Society*, *52*(1), pp.155-170. DOI: 10.1111/jwas.12741
9. Antony, J., Sandeep, K.P., Aravind, R., Panigrahi, A. and Balasubramanian, C.P., 2019. Growth, survival, and osmoregulation of Indian white shrimp *Penaeus indicus* juveniles reared in low salinity amended inland saline groundwater and seawater. *Journal of Coastal Research*, *86*(SI), pp.21-31. DOI: 10.2112/SI86-004.1
10. Antony, J., Vungurala, H., Saharan, N., Reddy, A.K., Chadha, N.K., Lakra, W.S. and Roy, L.A., 2015. Effects of salinity and Na+/K+ ratio on osmoregulation and growth performance of black tiger prawn, *Penaeus monodon Fabricius*, 1798, juveniles reared in inland saline water. *Journal of the World Aquaculture Society*, *46*(2), pp.171-182. DOI: 10.1111/jwas.12179
11. APHA (American Public Health Association)., 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater (Vol. 10). Washington, DC:

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

management. Springer Science and Business Media, 700 P.

22. Boyd, C.E., Tucker, C.S. and Somridhivej, B., 2016. Alkalinity and hardness: critical but elusive concepts in aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, *47*(1), pp.6-41. DOI: 10.1111/jwas.12241
23. Buchholz, M., 2008. A scenario for the future development of the agricultural and water sector in arid and hyper arid areas. Overcoming Drought, The Cycler Support Implementation Guide.
24. Carbajal-Hernández, J.J., Sánchez-Fernández, L.P., Villa-Vargas, L.A., Carrasco-Ochoa, J.A. and Martínez-Trinidad, J.F., 2013. Water quality assessment in shrimp culture using an analytical hierarchical process. *Ecological indicators*, *29*, pp.148-158. DOI: 10.1016/j.ecolind.2012.12.017
25. Chebanov, M., 2019. *Huso huso* (beluga). CABI compendium. Avialabe at: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.79864 (accessed on 24 November 2019)
26. Chebanov, M.S. and Galich, E.V., 2013. Sturgeon hatchery manual. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No., pp.558, 1-17.
27. Daudpota, A.M., 2020. Influence of salinity on growth increment, feed conversion and body composition of common carp, *Cyprinus carpio* (Linnaeus 1758) fingerlings in the captivity. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, *19*(1), pp.372-385. DOI: 10.22092/ijfs.2019.118541
28. Davis, D.A., Samocha, T.M., Boyd, C.E., 2004. Acclimating Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, to inland, low-salinity waters. Stoneville, Mississippi: Southern Regional Aquaculture Center. 2601 P.
29. De Azevedo, R.V., De Oliveira, K.F., Flores-Lopes, F., Teixeira-Lanna, E.A., Takishita, S.S. and Tavares-Braga, L.G., 2015. Responses of Nile tilapia to different levels of water salinity. *Latin American Journal of Aquatic Research*, *43*(5), pp.828-835. DOI: 10.3856/vol43-issue5-fulltext-3
30. Durai, V., Alagappan, M. and Yuvarajan, P., 2021. Importance of water quality management in whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei*) farming. *AgriCos e-Newsletter*, *2*(9), pp.17-20.
31. Eddiwan, E., Sukendi, S., Siregar, Y.I. and Saam, Z., 2020. The effect of water quality variables on vannamei shrimp productivity (*Litopenaeus vannamei*) in the mining area of the Sungai Pinang village, Lingga Timur district, Lingga regency, Riau Islands province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *430*(1), 012039. DOI: 10.1088/1755-1315/430/1/012039
32. Ehramposh, M., Ghaneian, M. and Khosravi, R., 2017. Investigation of the efficiency of nitrate removal by EDTA-modified red clay from aqueous solutions in the presence of anionic interferents. *Zanko Journal of Medical Sciences*, *18*(57), pp.32-20. [in Persian]
33. El-Sayed, M. and Salem, W.M., 2015. Hydrochemical assessments of surface Nile water and ground water in an industry area–South West Cairo. *Egyptian Journal of Petroleum*, *24*(3), pp.277-288. DOI: 10.1016/j.ejpe.2015.07.014
34. Entezari, A., Akbari, A. and Mivaneh, F., 2013. Study of the quality of drinking water extracted from underground sources on human diseases in the Mashhad plain in the last decade. Journal of *Applied Research in Geographical Sciences*, *13*(31), pp.157-172. [in Persian]
35. Farabi, S.M.V., Rowshan-Tabari, M., Hafezieh, M. and Safari, R., 2020. Investigation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) culture in marine floating cages in the Southern Caspian Sea. *Journal of Aquaculture and Marine Biology*, *9*(6), pp.203-206. DOI: 10.15406/jamb.2020.09.00296
36. Farkas, A., Salanki, J. and Specziar, A.,

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

45. Ghanei Tehrani, M., Farabi, M., Nasrollehzadeh Saravi, H. and Sharifian, M., 2019. Breeding rainbow trout (*Onocorhynchus mykiss*) with underground brackish water in non-agricultural lands in North Khorasan Province. *Caspian Sea Aquatic Extension Journal*, *5*(2), pp.11-22. [in Persian]
46. Ghanei Tehrani, M., Farabi, M., Pourgholam, R., Nasrollehzadeh Saravi, H., Saeedi, A., Ramezani, H. and Azari, A., 2020. Growth indices of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) in earthen ponds using underground brackish water. *Journal of Fisheries, Islamic Azad University Azadshahr Branch*, *15*(1), pp.36-24. [in Persian]
47. Goran, S.M.A., Omar, S.S. and Anwer, A.Y., 2016. Water quality and physiological parameters of common carp fingerling fed on *Jerusalem artichoke* tubers. *Polytechnic*, *6*(3), pp.502-516.
48. Harun, H.H., Roslan, M.M., Nurhidayu, S., Ash'aari, Z.H. and Kusin, F.M., 2021. Physicochemical analysis of groundwater and suitability for domestic utilization in Kuala Langat, Selangor. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *646*(1), 012025. DOI: 10.1088/1755-1315/646/1/012025
49. Hassan, S.W., 2017. Effects of salinity and hardness on the growth of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Northern Punjab Region of Pakistan. *International Journal of Fisheries and Aquaculture Research*, *3*(1), pp.21-32.
50. Hosseini, S.P. and Mehrjan, M.S., 2015. Marine Fish: Reproduction, Breeding and Health Management. Islamic Azad University Publisher, Tehran. 141 P. [in Persian]
51. IDEQ (Idaho Division of Environmental Quality)., 1998. Idaho waste management guidelines for aquaculture operations. Idaho Department of Health and Welfare, Division of Environmental Quality, 2002. Relation between growth and the heavy metal concentration in organs of bream *Abramis brama* L. populating Lake Balaton. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, *43*, pp.236-243. DOI: 10.1007/s00244-002-1123-5
37. Fernandez-Leborans, G. and Herrero, Y.O., 2000. Toxicity and bioaccumulation of lead and cadmium in marine protozoan communities. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *47*(3), pp.266-276. DOI: 10.1006/eesa.2000.1944
38. Fielder, D.S., Bardsley, W.J. and Allan, G.L., 2001. Survival and growth of Australian snapper, *Pagrus auratus*, in saline groundwater from inland New South Wales, Australia. *Aquaculture*, *201*(1-2), pp.73-90. DOI: 10.1016/S0044-8486(01)00555-5
39. FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations)., 2009a. *Cyprinus carpio*. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Peteri, A. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (multilingual).
40. FAO., 2009b. *Oncorhynchus mykiss*. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Cowx, I. G. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (multilingual).
41. FAO., 2011. Small-scale rainbow trout farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 561.
42. FAO., 2014. The state of world fisheries and aquaculture. Fisheries and Aquaculture Department, Rome. 223 P.
43. FAO., 2022. The state of world fisheries and aquaculture. Towards Blue Transformation, Rome. 236 P.
44. Fuadi, A.A., Hasly, I.R.J. and Azkia, L.I., Irham, M., 2021. Response of tilapia (*Oreochromis niloticus*) behaviour to salinity differences: a laboratory scale study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *674*(1), 012060. DOI: 10.1088/1755-1315/674/1/012060

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

Twin Falls, Idaho.
52. Iffat, J., Tiwari, V.K., Verma, A.K. and Pavan-Kumar, A., 2020. Effect of different salinities on breeding and larval development of common carp, *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) in inland saline groundwater. *Aquaculture*, *518*, 734658. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734658
53. Jamerlan, G.S. and Coloso, R.M., 2010. Intensive culture of seabass, *Lates calcarifer Bloch*, in brackishwater earthen ponds. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
54. Jana, B.B. and Sarkar, D., 2005. Water quality in aquaculture-Impact and management: A review. *The Indian Journal of Animal Sciences*, *75*(11), pp.1354-1361.
55. Jerry, D.R. ed., 2013. Biology and culture of Asian seabass *Lates calcarifer*. CRC Press, 326 P. DOI: 10.1201/b15974
56. Ji, L., Wu, T., Xie, Y., Huang, G. and Sun, L., 2020. A novel two-stage fuzzy stochastic model for water supply management from a water-energy nexus perspective. *Journal of Cleaner Production*, *277*, 123386. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123386
57. Karimidastenaei, Z., Avellán, T., Sadegh, M., Kløve, B. and Haghighi, A.T., 2022. Unconventional water resources: Global opportunities and challenges. *Science of the Total Environment*, *827*, 154429. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.154429
58. Karjalainen, J., Hu, X., Mäkinen, M., Karjalainen, A., Järvistö, J., Järvenpää, K., Sepponen, M. and Leppänen, M.T., 2023. Sulfate sensitivity of aquatic organism in soft freshwaters explored by toxicity tests and species sensitivity distribution. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *258*, 114984. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2023.114984
59. Kuhn, D.D., Smith, S.A., Boardman, G.D., Angier, M.W., Marsh, L. and Flick Jr, G.J., 2010. Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. *Aquaculture*, *309*(1), pp.109-114. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2010.09.014
60. Li, M., Sun, L., Zhou, L. and Wang, D., 2024. Tilapia, a good model for studying reproductive endocrinology. *General and Comparative Endocrinology*, 345, 114395. DOI: 10.1016/j.ygcen.2023.114395
61. Limbaugh, N., Romano, N., Egnew, N., Shrivastava, J., Bishop, W.M. and Sinha, A.K., 2021. Coping strategies in response to different levels of elevated water hardness in channel catfish (*Ictalurus punctatus*): Insight into ion-regulatory and histopathological modulations. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, *260*, 111040. DOI: 10.1016/j.cbpa.2021.111040
62. Malik, A.B.D.U.L., Abbas, G.H.U.L.A.M., Jabbar, A.B.D.U.L., Sajjad Shah, S. and Ali Muhammad, A., 2018. Effect of different salinity level on spawning, fertilization, hatching and survival of common carp, *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) in semi-artificial environment. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, *17*(4), pp.790-804. DOI: 10.22092/ijfs.2018.116857
63. Mashaei, N., Rajabipour, F., Matinfar, A., Sarsangi, H., Bitarf, A. and Hosseini, M., 2008. Investigating the possibility of cultivating whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in the brackish groundwater of Bafq, Yazd. *Iranian Journal of Fisheries*, *17*(4), pp.133-146. DOI: 10.22092/isfj.2009.115366 [in Persian]
64. Mohammadi, M., Sarsangi, H. and Ghaedi, A., 2021. Study of gonadal development of bluga (*Huso huso*) cultured in underground brackish water using ultrasound, laparoscopy and biopsy methods. *Caspian Sea Aquatic Extension Journal*, *7*(2), pp.1-9. [in

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

Persian]
65. Monsees, H., Klatt, L., Kloas, W. and Wuertz, S., 2017. Chronic exposure to nitrate significantly reduces growth and affects the health status of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus L.)* in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture Research*, *48*(7), pp.3482-3492. DOI: 10.1111/are.13174
66. Mozanzadeh, M.T., Safari, O., Oosooli, R., Mehrjooyan, S., Najafabadi, M.Z., Hoseini, S.J., Saghavi, H. and Monem, J., 2021. The effect of salinity on growth performance, digestive and antioxidant enzymes, humoral immunity and stress indices in two euryhaline fish species: Yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*) and Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*, *534*, 736329. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.736329
67. Muralidhar, M., Saraswathy, R., Raja, P.K., Suvana, C. and Nagavel, A., 2016. Application of minerals in shrimp culture systems. Central Institute of Brackishwater Aquaculture, India, 52 P.
68. Nafisi, M., 2006. Final report of the project to investigate the possibility of cultivating *Macrobrachium rosenbergii* in brackish waters of Yazd province. Iranian Fisheries Science Research Institute, Iran. 35 P. [in Persian]
69. Novriadi, R., Ilham, I., Roigé, O. and Segarra, S., 2021. Effects of dietary nucleotides supplementation on growth, total haemocyte count, lysozyme activity and survival upon challenge with Vibrio harveyi in pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports*, *21*, 100840. DOI: 10.1016/j.aqrep.2021.100840
70. Partridge, G.J. and Creeper, J., 2004. Skeletal myopathy in juvenile barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch), cultured in potassium-deficient saline groundwater. *Journal of Fish Diseases*, *27*(9), pp.523-530. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2004.00567.x
71. Partridge, G.J. and Lymbery, A.J., 2008. The effect of salinity on the requirement for potassium by barramundi (*Lates calcarifer*) in saline groundwater. *Aquaculture*, *278*(1-4), pp.164-170. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.03.042
72. Partridge, G.J., Lymbery, A.J. and George, R.J., 2008. Finfish mariculture in inland Australia: A review of potential water sources, species, and production systems. *Journal of the World Aquaculture Society*, *39*(3), pp.291-310. DOI: 10.1111/j.1749-7345.2008.00169.x
73. Pattusamy, A., Hittinahalli, C.M., Chadha, N.K., Sawant, P.B., Krishna, H. and Verma, A.K., 2022. Water budgeting for culture of *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) in earthen grow-out ponds using inland saline groundwater. *Aquaculture Research*, *53*(12), pp.4521-4530. DOI: 10.1111/are.15949
74. Pérez-Sirvent, C., Hernández-Pérez, C., Martínez-Sánchez, M. J., García-Lorenzo, M.L. and Bech, J., 2016. Geochemical characterisation of surface waters, topsoils and efflorescences in a historic metal-mining area in Spain. *Journal of Soils and Sediments*, *16*, 1238-1252.
75. Pillard, D.A., Dufresne, D.L. and Mickley, M.C., 2002. Development and validation of models predicting the toxicity of major seawater ions to the mysid shrimp, *Americamysis bahia*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, *21*(10), pp.2131-2137. DOI: 10.1002/etc.5620211016
76. Pillay, T.V.R., 2004. Aquaculture and the Environment. Blackwell Publishing Ltd., 196 P.
77. Popma, T. and Masser, M., 1999. Tilapia life history and biology. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication No. 283, United States Department of agriculture. USA.
78. Pradeepkiran, J.A., 2019. Aquaculture role in global food security with nutritional value: a review. *Translational Animal*

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

Science, *3*(2), 903-910. DOI: 10.1093/tas/txz012

79. Prangnell, D.I. and Fotedar, R., 2006. The growth and survival of western king prawns, *Penaeus latisulcatus* Kishinouye, in potassium-fortified inland saline water. *Aquaculture*, *259*(1-4), pp.234-242. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.05.023
80. Rajabipour, F., Mohammadi, M., Sarsangi, H., Mashaei, N., Bitarf, A., Yousefi, A., Yazdani, M., Shevar Masouleh, A. and Bahmani, M., 2013. Reproduction of farmed bluga (*Huso huso*) in brackish water conditions of Bafq region of Yazd. Final report of the National Fisheries Science Research Institute, Iran. 54 P. [in Persian]
81. Rebouças, V.T., Lima, F.R.D.S., Cavalcante, D.D.H. and Sá, M.V.D.C.E., 2016. Reassessment of the suitable range of water pH for culture of Nile tilapia *Oreochromis niloticus L.* in eutrophic water. Acta Scientiarum. *Animal Sciences*, 38(4), 361-368. DOI: 10.4025/actascianimsci.v38i4.32051
82. Rodrigues, R.V., Schwarz, M.H., Delbos, B.C., Carvalho, E.L., Romano, L.A. and Sampaio, L.A., 2011. Acute exposure of juvenile cobia *Rachycentron canadum* to nitrate induces gill, esophageal and brain damage. *Aquaculture*, *322*, pp.223-226. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.09.040
83. Roy, L.A., Davis, D.A., Saoud, I.P. and Henry, R.P., 2007. Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. *Aquaculture*, *262*(2-4), pp.461-469. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.10.011
84. Sadek, S., 2011. An overview on desert aquaculture in Egypt. In V. Crespi & A. Lovatelli, eds. Aquaculture in desert and arid lands: development constraints and opportunities. FAO Technical Workshop. 6–9 July 2010, Hermosillo, Mexico. *FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings*, 20, pp.141-158.
85. Sankar, T.V., 2023. Understanding food safety in fish and fishery products. In Majumder, R.K., Balange, A.K. (Eds.) Advances in Fish Processing Technologies. pp.395-425. New York, USA: Apple Academic Press.
86. Saraswathy, R., Muralidhar, M., Sundaray, J.K., Lalitha, N. and Kumararaja, P., 2015. Water quality management in fish hatchery and grow-out systems. *Advances in Marine and Brackishwater Aquaculture*, pp.217-225. DOI: 10.1007/978-81-322-2271-2_20
87. Saraswathy, R., Ravisankar, T., Ravichandran, P., Vimala, D.D., Jayathi, M., Muralidhar, M., Manohar, C., Vijay, M. and Santharupan, T.C., 2016. Assessment of soil and source water characteristics of disused shrimp ponds in selected coastal states of India and their suitability for resuming aquaculture. *Indian Journal of Fisheries*, *63*(2), pp.118-122. DOI: 10.21077/ijf.2016.63.2.45664-16
88. Sarsangi Aliabad, H., Mohammadi, M., Mashaei, N., Rajabipour, F., Bitarf, A., Askari, M., Moazedi, J., Nezamabadi, H. and Hosseinzadeh Janjar, H., 2012. Adaptation, growth and survival status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Bafq brackish water culture conditions. *Iranian Scientific Journal of Fisheries*, *21*(2), pp.23-30. DOI: 10.22092/isfj.2017.110052 [in Persian]
89. Shaffer, R.N. and Nakamura, E.L., 1989. Synopsis of biological data on the cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Report National Marine Fisheries Service, 82.
90. Sharma, K., Gulati, R., Poonam, S.S., Rani, A., 2023. Mineral Fortified Inland Low Saline Water for Shrimp Culture. *Acta Scientific Agriculture*, *7*(5), pp.35-43.
91. Sonone, S.S., Jadhav, S., Sankhla, M.S.

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

[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]

Persian]

99. Venkateswarlu, V., Seshaiah, P.V., Arun, P. and Behra, P.C., 2019. A study on water quality parameters in shrimp *L. vannamei* semi-intensive grow out culture farms in coastal districts of Andhra Pradesh, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, *7*(4), pp.394-399.
100. Verma, D.K., Satyaveer, N.K.M., Kumar, P., Jayaswa, R., 2022. Important water quality parameters in aquaculture: An overview. *Agriculture and Environment*, *3*(3), pp.24-29.
101. Wang, W.N., Wang, A.L., Chen, L., Liu, Y. and Sun, R.Y., 2002. Effects of pH on survival, phosphorus concentration, Adenylate Energy Charge and Na+–K+ ATPase activities of *Penaeus chinensis* Osbeck Juveniles. *Aquatic Toxicology*, *60*(1-2), pp.75-83. DOI: 10.1016/S0166-445X(01)00271-5
102. Wickins, J.F. and Lee, D.O.C., 2008. Crustacean farming: ranching and culture. John Wiley & Sons. 464 P.
103. Wijayanto, D., Bambang, A.N., Nugroho, R.A., Kurohman, F. and Nursanto, D.B., 2020. The effect of different low salinities on growth, feed conversion ratio, survival rate and profit of Asian seabass cultivation. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation*, *13*(6), pp.3706-3712.
104. Zhang, Z., Lin, W., He, D., Wu, Q., Cai, C., Chen, H., Shang, Y. and Zhang, X., 2023. Aquaculture environment changes fish behavioral adaptability directly or indirectly through personality traits: a case study. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, *33*(4), pp.1423-1441. DOI: 10.1007/s11160-023-09779-2

and Kumar, R., 2020. Water contamination by heavy metals and their toxic effect on aquaculture and human health through food Chain. *Letters in Applied NanoBioScience*, *10*(2), pp.2148-2166. DOI: 10.33263/LIANBS102.21482166
92. Stumm, W. and Morgan, J.J., 2013. Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters. John Wiley & Sons. 1040 P.
93. Summerfelt, R.C., 2000. Water quality considerations for aquaculture. Department of Animal Ecology, Iowa State University, USA. pp. 2-7.
94. Swain, S., Sawant, P.B., Chadha, N.K., Chhandaprajnadarsini, E.M. and Katare, M.B., 2020. Significance of water pH and hardness on fish biological processes: A review. *International Journal of Chemical Studies*, *8*(4), pp.330-337. DOI: 10.22271/chemi.2020.v8.i4e.9710
95. Thomas, R.M., Verma, A.K., Krishna, H., Prakash, S., Kumar, A. and Peter, R.M., 2021. Effect of salinity on growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and spinach (*Spinacia oleracea*) in aquaponic system using inland saline groundwater. *Aquaculture Research*, *52*(12), pp.6288-6298. DOI: 10.1111/are.15492
96. Tiensongrusmee, B., Chantarasri, S., Budileksono, S., Yuwono, S.K. and Santoso, H., 1989. Propagation of seabass, *Lates calcarifer* in captivity. 65 P.
97. Tookwinas, S. and Charearnrid, B., 1988. Cage culture of seabass (*Lates calcarifer*) in Thailand. Culture of seabass Lates calcarifer in Thailand. UNDP/FAO, Bangkok, pp.50-58.
98. Torkmani Tonbaki, H. and Rahnemarad, J., 2016. Changes in physical and chemical indicators of groundwater in the Minab Plain due to water level drop. The 1st International Conference on Natural Hazards and Environmental Crises of Iran, Solutions and Challenge. Ardebil, Iran. 26 P. [in

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.71901/jad-2025-4-891]