

## ارزیابی پتانسیل دریاچه گلابر زنجان جهت توسعه آبی‌پروری بر اساس برخی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب

هادی بابائی<sup>۱</sup>، سیدحجت خداپرست<sup>\*</sup>، علیرضا میرزاجانی<sup>۱</sup>

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

بندرآنزلی، ایران، صندوق پستی: ۶۶

تاریخ پذیرش: ۷ شهریور ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۹ فروردین ۱۳۹۵

### چکیده

در این مطالعه فاکتورهای مهم کلیدی کیفیت آب از قبیل درجه حرارت، pH، EC، اکسیژن محلول، کاتیون‌ها و آنیون‌های شاخص آب و تولیدات اولیه در کل پهنه آبی دریاچه گلابر در استان زنجان به منظور افزایش تولید و توسعه پایدار آبی‌پروری مورد بررسی قرار گرفت. این بررسی‌ها نشان می‌دهد که مقادیر pH آب کل پهنه آبی دریاچه با میانگین ۸ و میزان قلیائیت بی‌کربنات با میانگین ۳۴۷/۶ میلی‌گرم بر لیتر خصوصیات بافری مناسب بر خوردار بوده و مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌ها محلول هیچکدام از این پارامترها در حد فاکتور محدود کننده جهت آبی‌پروری اعم از گرم آبی و سرد آبی محسوب نمی‌گردد. میانگین اکسیژن محلول سطح و عمق دریاچه به ترتیب ۹/۲ و ۵/۲ میلی‌گرم بر لیتر بوده که در حد مطلوب و استاندارد آبی‌پروری قرار داشته اما میزان حداقل اکسیژن محلول ثبت شده ۰/۴ میلی‌گرم در لیتر و همچنین کمبود اکسیژن لایه تحتانی تا حد صفر در برخی از ماه‌های نمونه برداری از نکات قابل توجه بعنوان عامل محدود کننده محسوب می‌گردد. با توجه به نتایج حاصل و شرایط اقلیم منطقه مورد مطالعه حدود ۵ ماه از سال درجه حرارت آب بالای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بوده و در این فاصله زمانی قابلیت پرورش ماهی فراهم می‌باشد. بر اساس نتایج این تحقیق حدود ۹۰ هکتار از سطح دریاچه جهت توسعه آبی‌پروری انتخاب گردید و بر اساس روابط موجود و با توجه به عمق و لایه‌بندی حرارتی از منبع آبی دریاچه گلابر سالانه به میزان ۳۶۰ تن ماهی قزل‌آلا به شیوه پرورش در قفس می‌توان تولید نمود.

**کلمات کلیدی:** دریاچه گلابر، تولیدات اولیه، آبی‌پروری، اکسیژن محلول، زنجان

## مقدمه

با گذشت زمان و گسترش جوامع و به تبع آن افزایش استفاده از منابع آبی تغییر خصوصیات کیفی منابع آبی افزایش پیدا کرده است. خصوصیات طبیعی حوضه آبخیز، کمیت و کیفیت آب‌های ورودی به دریاچه، خصوصیات اقلیمی منطقه (درجه حرارت، وزش باد، میزان نزولات جوی) و میزان فعالیت‌های مختلف انسان در حوضه آبخیز از جمله عواملی هستند که کیفیت آب مخازن دریاچه‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهند از طرفی دیگر، احداث سد و ذخیره کردن جریان سطحی، خود می‌تواند به سبب مجموعه عواملی مانند تبخیر، ساکن بودن آب، لایه‌بندی حرارتی در دریاچه، رسوب‌گذاری، غنی شدن آب دریاچه از عناصر غذایی و غیره موجبات تغییر در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب مخزن را فراهم آورد (Carney, 2009). فرآیندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی پیکره‌های آبی اثر گذاشته و موجب بروز مشکلاتی در کیفیت آب دریاچه‌ها می‌شوند (Lu *et al.*, 2010). بنابراین امروزه دیدگاه‌ها نسبت به اهداف و جایگاه سدها گسترده‌تر شده و دامنه آن مشمول کنترل کیفی در کنار اهداف کمی مورد انتظار از سدها نیز گشته است. طراحان و کارشناسان امر می‌بایست با اتکا به تخصص‌های لازم علوم زیست‌محیطی، فرآیندهای حاکم بر مخزن و تاثیر آنها را بر پارامترهای کیفی آب شناخته و با علم به آنها در جانمایی و تخصصی سازه‌های جانبی سد و شیوه بهره‌برداری درست مبتنی بر تامین کیفیت آب اقدام‌های اساسی را انجام دهند (هاشمی و همکاران، ۱۳۸۴). گسترش و توسعه آبرزی پروری علاوه بر نقش مهمی که

در توسعه مناطق روستایی دارد، در بهره‌برداری بهینه از منابع موجود به منظور توسعه ملی نیز دارای نقش بسزایی است. بنابر این بایستی منابع بالقوه دریاچه‌ها، پشت سدها، آبگیرهای داخلی، رودخانه‌ها و چشمه‌ها را به عنوان بزرگترین منابع و ذخایر پروتئین مورد مطالعه و بررسی قرارداد و با برنامه‌ریزی صحیح از آنها به عنوان اهرم‌های اقتصادی در زمینه خودکفایی و جلوگیری از خروج ارز از کشور استفاده کرد. از بهترین راهکارها برای رسیدن به این هدف، ایجاد کارگاه‌های پرورش آبزیان و توسعه آنهاست که در صورت استفاده صحیح و اصولی از منابع آب می‌تواند مقدار زیادی گوشت ماهی تولید کنند (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۳). در حال حاضر میزان مصرف سرانه آبزیان در کشور ما، ۸/۵ کیلوگرم می‌باشد ولی وجود ذخایر قابل توجه آبزیان آب‌های شمال و جنوب کشور و نیز توسعه صنعت پرورش ماهی در آب‌های داخلی و امکان بهره‌برداری از آبزیان آب‌های بین‌المللی چشم‌انداز روشنی فرا راه تامین هرچه بیشتر پروتئین مورد نیاز کشور قرار داده است (سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۰). در چند سال اخیر شیوه‌های جدیدی از پرورش ماهی در دریاها، دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها متداول گشته است که در آن قفس‌های بزرگی با ظرفیت بیش از ۷۰۰ مترمکعب در دریاها رها می‌شود و بچه‌ماهیان را در داخل آن نگهداری می‌کنند در این روش حجم مناسب هر قفس بین ۱۷۰۰-۲۰۰۰ مترمکعب است که میزان تراکم ماهی بین ۱۵ تا ۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب است، علت اصلی گرایش به پرورش ماهی در دریا، نامحدود بودن فضای مساعد و فراهم بودن امکانات گسترده برای این نوع فعالیت در دریاها می‌باشد کشور ما نیز با داشتن

## مواد و روش‌ها

### موقعیت منطقه مطالعاتی: منطقه مورد مطالعه

دریاچه گلابر (شهرستان ایجرود) در مختصات جغرافیایی بطول ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه و طول شرقی ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی، با ارتفاع از سطح آب‌های آزاد ۱۶۵۰ متر قرار دارد. این سد در فاصله ۵۵ کیلومتری جنوب غربی شهر زنجان، در شهرستان ایجرود و در ۱۷ کیلومتری جنوب زرین آباد و ۳ کیلومتری روستای گلابر و بر روی رودخانه سجاس واقع شده است. در محدوده مطالعاتی دریاچه سد گلابر و دشت زرین آباد با توجه پتانسیل محدود آب زیرزمینی و رودخانه‌های فصلی منطقه، تنها منبع آبی قابل استفاده در طرح توسعه منابع آب، رودخانه سجاس می‌باشد که با توجه به توزیع نامناسب زمانی آورد رودخانه، امکان استفاده کامل از پتانسیل آبی این رودخانه صرفاً با احداث سد مخزنی فراهم خواهد شد (شرکت سهامی آب منطقه‌ای زنجان، ۱۳۸۵ و بابائی، ۱۳۹۳).

آب‌های گسترده در شمال و جنوب می‌تواند از این نوع فعالیت‌ها بهره‌بردار. پرورش ماهی در قفس نیاز به فضای کم، تولید زیاد در هر واحد سطح، امکان حرکت دادن و جابجا کردن در موقع وجود آلودگی، حفظ و نگهداری در برابر شکارچیان، شرایط مناسب برای پرورش انواع گونه‌ها از جمله مزایای پرورش ماهی در قفس می‌باشد که با مدیریت بهینه آب و مساحت مفید، ضریب تولید و اشتغال را افزایش می‌دهد (مختاری و دانش‌نوران، ۱۳۸۱). با توجه به آنچه که در مورد نقش و اهمیت آبی پروری در توسعه روستایی و ملی کشور اشاره شد، بایستی بیش از پیش به استفاده از منابع آب موجود در جهت توسعه آبی پروری بها داد. فلذا بمنظور بهره‌برداری مناسب و پایدار از این نوع دریاچه‌ها لازم است کیفیت آب آن‌ها مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد تا تغییراتی که در اثر گذشت زمان در محیط‌های آبی ایجاد می‌گردد مشخص شود.



شکل ۱: موقعیت و ایستگاه‌های نمونه‌برداری دریاچه گلابر ایجرود در استان زنجان

### روش آنالیز پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب:

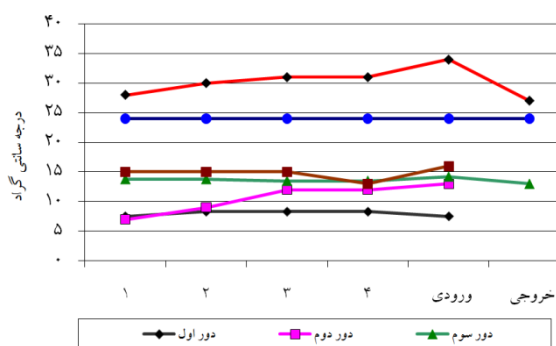
حجت بررسی و مطالعه در کل پهنه آبی دریاچه گلابر، چهار ایستگاه مطالعاتی تعیین یک ایستگاه در تاج سد (ایستگاه ۱) و یک ایستگاه در انتهای سد نزدیک ورودی آن (ایستگاه ۴) و دو ایستگاه دیگر (۳ و ۴) در قسمت میانی سد در طی سال‌های (۹۱-۱۳۹۰) جهت نمونه برداری انتخاب گردید و در فصول پاییز و زمستان (فصل یکبار) و در فصول بهار و تابستان (فصل دوبار) نمونه برداری صورت گرفت و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب دریاچه مورد مطالعه قرار گرفت. آنالیز پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب از روش کار استاندارد متد بر اساس استاندارد آب و فاضلاب آمریکا انجام گرفت (APHA, 2005). نمونه برداری از آب ورودی و خروجی دریاچه و چهار ایستگاه در کل پهنه آبی انجام شد. جهت سنجش عوامل فیزیکی و شیمیایی آب دو لیتر نمونه آب در ظروف پلی اتیلینی تحت دمای ۴ درجه سانتی گراد به آزمایشگاه منتقل و مورد آنالیز قرار گرفت. هدایت الکتریکی و pH به روش الکترومتری با دستگاه مولتی متر شرکت WTW کشور آلمان مدل multi 340i اندازه گیری شد. اندازه گیری دمای آب با دماسنج جیوه‌ای صورت پذیرفت. گاز کربنیک به روش تیتراسیون با محلول رقیق سود در مجاورت فنل فتالین و سنجش کربنات و بی کربنات به روش تیتراسیون با استفاده از اسید کلریدریک رقیق صورت گرفت. اکسیژن محلول به روش وینکلر اندازه گیری شد. کلسیم و منیزیم و سختی کل (TH) به روش تیتراسیون با استفاده از واکنشگر اتیلن دی آمین تتراستیک اسید (EDTA) اندازه گیری و سختی کل بر حسب میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم گزارش شده است. کلر به روش

تیتراسیون با واکنش گر نیترات نقره در مجاورت شناساگر دی کرومات پتاسیم انجام شد. میزان مواد معلق جامد (TSS) به روش وزنی و حد شفافیت با استفاده از سی شی اندازه گیری شد. تولیدات اولیه به روش وینکلر و بوسیله کاشت شیشه‌های تاریک و روشن اندازه گیری شد. اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی ( $BOD_5$ ) به روش هوادهی و گذاشتن در انکوباسیون و روش وینکلر اندازه گیری شد و میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) با استفاده از محلول دی کرومات هضم صورت گرفت و به روش فتومتر سنجش شد. آمونیاک یونیزه شده ( $NH_4^+$ ) با استفاده از روش نسلا اندازه گیری شد (APHA, 2005). آمونیاک غیر یونیزه ( $NH_3$ ) از روش محاسبه ای worker با استفاده از pH و دمای آب محاسبه شده است (Stirling and Philips, 1990). نتایج حاصل با استفاده از نرم افزار SPSS 20 و آنالیز واریانس یکطرفه ANOVA و آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و شکل‌ها بر اساس نرم افزار EXCEL 2007 رسم شده است.

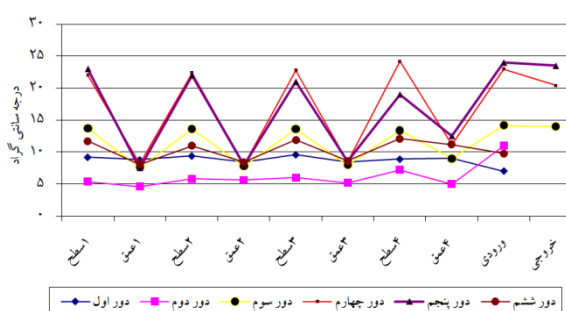
### نتایج

نتایج حاصل نشان داد که دمای هوای منطقه در ماه‌های نمونه برداری حداقل ۷ درجه سانتی گراد و حداکثر ۳۱ درجه سانتی گراد بوده است. حداکثر میانگین درجه حرارت آب در سطح ۱۴/۱۶ و در عمق دریاچه ۹/۶۵ و میانگین سالانه درجه حرارت آن ۱۱/۱۴ درجه سانتی گراد سنجش شد. میانگین دمای آب ورودی ۱۴/۸ و دمای آب خروجی دریاچه ۱۹/۳ درجه سانتی گراد ثبت شده است (شکل‌های ۲ و ۳).

میکروموس برسانتی متر ثبت شده است. حداکثر میزان مواد معلق (TSS) ۱۰۴ میلی گرم برلیتر و حداقل آن ۱ میلی گرم برلیتر و میانگین سالانه آن در کل پهنه آبی در طی ماه‌های نمونه برداری ۳۲/۴ میلی گرم برلیتر برآورد شده است. حداکثر میزان مواد معلق در رودخانه ورودی ۱۰۱ میلی گرم برلیتر اندازه گیری شد. حداکثر میزان pH آب دریاچه ۸/۳۴ و حداقل آن ۷/۱۹ بوده است و بین سطح و عمق دریاچه اختلافی مشاهده نشد. الگوی تغییرات pH آب در سطح و عمق دریاچه گلابر در ماه‌های نمونه برداری در شکل (۴) رسم شده است. حداکثر میزان کربنات و بی کربنات در آب دریاچه به ترتیب ۱۸، ۴۵۱/۴ میلی گرم برلیتر و حداقل آن به ترتیب ۶، ۲۵۰ میلی گرم برلیتر برآورد گردید. حداکثر غلظت گاز کربنیک ۵ میلی گرم برلیتر و حداقل میزان آن ۱/۲ میلی گرم برلیتر ثبت شده است. میانگین اکسیژن محلول در سطح و عمق دریاچه در این بررسی به ترتیب ۹/۲، ۵/۲ میلی گرم برلیتر بوده است. محاسبه توان تولید بر اساس تولید اکسیژن امکان پذیر بوده بطوری که میزان تولید اکسیژن طی شبانه روز با بطری‌های تاریک و روشن از ۰/۳۱ تا ۰/۶۵ میلی گرم برلیتر اکسیژن در شبانه روز طی ماه‌های مختلف در نوسان بوده است و میانگین سالانه آن در حد  $0.44 \pm 0.2$  میلی گرم برلیتر اکسیژن در شبانه روز سنجش گردیده است.



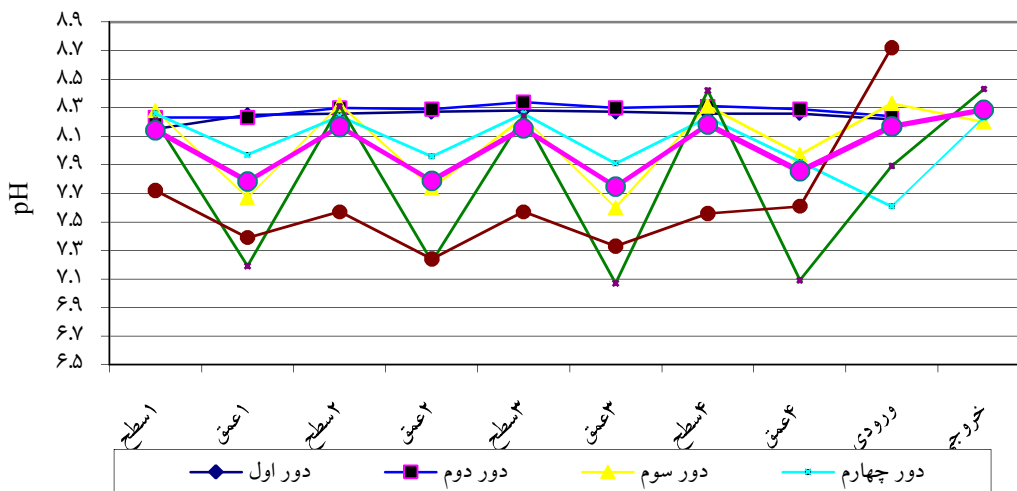
شکل ۲: تغییرات دمای هوا در دریاچه سد گلابر زنجان



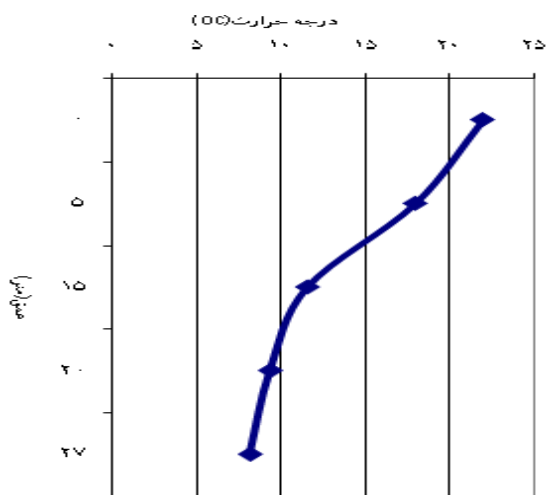
شکل ۳: تغییرات درجه حرارت آب دریاچه گلابر در

ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری

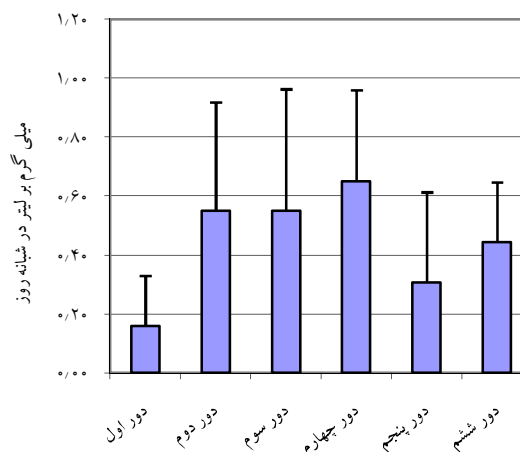
قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در سطح و عمق دریاچه نشان داد که اختلاف هدایت الکتریکی بین سطح و عمق دریاچه بسیار ناچیز بوده است. حداکثر میزان هدایت الکتریکی ۸۸۸ میکروموس بر سانتی‌متر در سطح و به میزان ۹۱۱ میکروموس بر سانتی‌متر در عمق اندازه گیری شد. میانگین کل هدایت الکتریکی در کل پهنه آبی در طی ماه‌های نمونه برداری ۸۵۸/۷ میکروموس بر سانتی‌متر سنجش شد. حداکثر میزان هدایت الکتریکی در آب ورودی ۱۲۷۳ و حداکثر میزان هدایت الکتریکی در خروجی دریاچه ۱۰۰۲



شکل ۴: تغییرات pH آب دریاچه گلابر در ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری



شکل ۶: پروفیل دمای آب دریاچه گلابر زنجان



شکل ۵: تولید اکسیژن در دریاچه گلابر در طی شبانه روز

بیشترین میزان سختی کل در حوزه آبریز دریاچه ۴۸۰ میلی گرم برلیتر برآورد گردید. حداکثر میزان اکسیژن بیولوژیکی ( $BOD_5$ ) ۲/۴۶ میلی گرم برلیتر و حداقل آن صفر برآورد گردید و میانگین کل آن در طی ماه‌های نمونه برداری در دریاچه ۱/۲ میلی گرم برلیتر و در ورودی آب (رودخانه سجاس) ۱/۸ میلی گرم برلیتر و در خروجی دریاچه به میزان ۱/۲۲ میلی گرم برلیتر ثبت شده است. میانگین سالانه اکسیژن شیمیایی (COD) در کل پهنه آبی در طی ماه‌های نمونه برداری ۱۲/۲

میانگین غلظت کلسیم در دریاچه ۴۸/۸ میلی گرم برلیتر ثبت گردید. میانگین غلظت کلسیم در ورودی دریاچه ۴۳/۹ و در خروجی آن ۳۸/۲ میلی گرم برلیتر ثبت شده است. حداکثر غلظت منیزیم در کل پهنه آبی ۵۹ میلی گرم برلیتر و حداقل آن ۳۲/۴ میلی گرم برلیتر برآورد گردید. حداکثر میزان سختی کل در کل پهنه آبی به میزان ۳۱۴ میلی گرم برلیتر بر حسب کربنات کلسیم بوده و حداقل میزان آن ۲۳۹ میلی گرم برلیتر در طی ماه‌های نمونه برداری اندازه گیری شد.

میلی گرم برلیتر و در ورودی آن به میزان ۱۵/۵ و در خروجی دریاچه به میزان ۱۵/۲ میلی گرم برلیتر برآورد شده است. نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که میانگین غلظت آمونیاک غیر یونیزه ( $\text{NH}_3$ ) (۰/۰۰۹) میلی گرم برلیتر و حداقل آن ۰/۰۰۱ میلی گرم برلیتر و میانگین کل آن در دریاچه ۰/۰۰۵ میلی گرم برلیتر محاسبه شده است. میانگین آمونیاک غیر یونیزه در ورودی دریاچه ۰/۰۱۳ میلی گرم برلیتر و در خروجی دریاچه ۰/۰۱۷ میلی گرم برلیتر ثبت شده که در مقایسه با میزان غلظت آن در دریاچه افزایش داشته است. حداکثر غلظت آمونیم در دریاچه ۰/۶۶۸ میلی گرم برلیتر و حداقل آن ۰/۱۲۷ میلی گرم برلیتر در سطح و عمق دریاچه برآورد شده است. نتایج آماری نشان داد که به جز مقادیر اکسیژن محلول و دمای آب در سطح و عمق دریاچه میزان غلظت سایر پارامترها در سطح و عمق دریاچه در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ).

### بحث

یکی از فاکتورهای مهم و تعیین‌کننده در مباحث آبی‌پروری دمای محیط زیست آبریان می‌باشد که از مشخصه‌های تعیین‌کننده در پراکنش و توزیع آبریان محسوب می‌گردد. درجه حرارت بالا که محدود کننده رشد تلقی می‌گردد در پهنه آبی دریاچه گلابر ثبت نگردید و درجه حرارت آب دریاچه همواره زیر ۳۰ درجه سانتی‌گراد ثبت گردیده است. حداقل دمای آب برای پرورش ماهی قزل‌آلا ۴ درجه سانتی‌گراد و حداکثر ۲۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (مشائی، ۱۳۷۷). براساس نتایج بدست آمده تغییرات درجه حرارت و اقلیم منطقه مورد مطالعه دریاچه گلابر در حدود ۵ ماه

سال درجه حرارت بالای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بوده و مناسب برای پرورش ماهیان گرم‌آبی می‌باشد. از محدودیت‌های پرورش ماهیان گرم‌آبی در دریاچه دمای پائین برخی از ماه‌ها بدلیل برودت هوا و یخ زدن دریاچه در ماه‌های زمستان بویژه دی و بهمن می‌باشد. بنابراین بر اساس اطلاعات بدست آمده از ماه اردیبهشت تا اوایل ماه مهر جهت پرورش ماهی اعم از گرم‌آبی و سردآبی در دریاچه گلابر مناسب می‌باشد. بر اساس آمار هواشناسی تعداد روزهای یخبندان در دریاچه گلابر ۱۳۳ روز در سال بوده که از عوامل محدود کننده پرورش ماهی اعم از گرم‌آبی و سردآبی محسوب می‌گردد. حداکثر میزان حد شفافیت در دریاچه ۲/۵ متر ثبت گردید. مقادیر حد شفافیت دریاچه گویای غنی بودن بیشتر دریاچه به لحاظ تولیدات اولیه می‌باشد که برای پرورش ماهیان مناسب خواهد بود. با توجه به مقادیر بدست آمده برای EC یا قابلیت هدایت الکتریکی و غلظت کلراید، آب دریاچه جهت کاربری شیلاتی هیچگونه محدودیتی ندارد. مقادیر بی‌کربنات بدست آمده در آب دریاچه گلابر بیانگر حالت بافری بوده که با pH آب رابطه معکوس و تحت تاثیر مستقیم و غیرمستقیم فتوسنتز و تنفس می‌باشد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). با توجه به مقادیر سختی کل، گاز کربنیک، بی‌کربنات و مقدار pH بالا در دریاچه، آب این دریاچه کلیه خصوصیات بافری برای تولید آبریان سازگار در آب شیرین را دارا می‌باشد. شایان ذکر است که پرورش ماهی در محیط‌های قلیایی ضعیف بهتر از محیط‌های اسیدی است و pH آب نباید از ۵ پایین‌تر و از ۹ بالاتر رود زیرا منجر به مرگ و میر ماهیان می‌گردد و همچنین با توجه به شرایط فیزیکی و شیمی آب حاکم بر محیط موجب

هیچ گونه محدودیتی برای فعالیت آبرزی پروری ایجاد نمی گردد. نیتروژن آمونیاکی متشکل از آمونیاک غیر یونیزه ( $\text{NH}_3$ ) فرم سمی و آمونیاک یونیزه ( $\text{NH}_4$ ) فرم غیر سمی می باشد که به pH و دمای محیط بستگی دارد، همچنانکه دما و pH بالا رود، فرم سمی افزایش می یابد به ازای هر واحد افزایش pH، آمونیاک سمی غیر یونیزه ۱۰ برابر افزایش می یابد (Wu, 1998). Axler و همکاران (۱۹۹۶) بیان کردند که بیشتر آمونیاک دفع شده توسط ماهیان بصورت غیر یونیزه است و برای ماهی و دیگر موجودات آبرزی بسیار سمی می باشد. برای پرورش ماهی قزل آلا مقدار آمونیاک در آب نباید از ۰/۰۲ تا ۰/۰۳ میلی گرم بر لیتر بالاتر رود و ماهیان بندرت می توانند تا غلظت ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر را تحمل نمایند (ویلکی، ۱۳۸۴) با این وجود آب پهنه آبی دریاچه نسبت به فرم سمی آمونیاک در حد نرمال و طبیعی است (جدول ۱).

تشدید اثرات سمی برخی از فلزات موجود در آب و یا ترکیبات مانند آمونیاک سمی می شود. بر اساس طبقه بندی آمریکایی آب دریاچه گلابر جزء آب های سخت تا خیلی سخت طبقه بندی می شود (EPA, 1996). مقادیر اکسیژن محلول در سطح و عمق دریاچه در حد مطلوب و استاندارد آبرزی پروری بوده اما میزان حداقل اکسیژن محلول ثبت شده ۰/۴ میلی گرم بر لیتر بعنوان عامل محدود کننده محسوب می شود. کمبود اکسیژن لایه تحتانی تا حد صفر در برخی از ماه های نمونه برداری از نکات قابل توجه بعنوان عامل محدودیت شدید قلمداد می گردد. مقدار COD در آب های غیر آلوده در حد کمتر از ۲۰ میلی گرم بر لیتر و در فاضلاب ها و آب های آلوده تا بیشتر از ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر گزارش شده است. آب با  $\text{BOD}_5$  کمتر از ۲ میلی گرم بر لیتر آب غیر آلوده و بیشتر از ۱۰ میلی گرم بر لیتر آب کاملاً آلوده محسوب می گردد بر این اساس

جدول ۱: کیفیت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در پرورش آبرزیان

اخذ شده از اسماعیلی ساری، ۱۳۷۹، بابائی، ۱۳۹۱ و لازلو و تاماش، ۱۹۴۰

حد مجاز استاندارد	فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب
۱۰-۴۰۰	سختی کل (میلی گرم بر لیتر)
<۶۰۰۰	هدایت الکتریکی گرم آبی (میکروموس بر سانتی متر)
۲۰۰۰	هدایت الکتریکی سرد آبی و شاه میگو (میکروموس بر سانتی متر)
۵	اکسیژن محلول ماهیان سرد آبی (میلی گرم بر لیتر)
۶/۵-۹	pH ماهیان گرم آبی
۶/۵-۸/۵	pH ماهیان سرد آبی
۴-۱۶۰	کلسیم ماهیان سرد آبی (میلی گرم بر لیتر)
۵۰-۱۵۰	شفافیت ماهیان سرد آبی (سانتی متر)
۱۸-۳۰	درجه حرارت آب ماهیان گرم آبی (سانتی گراد)
۴-۲۰	درجه حرارت آب ماهیان سرد آبی (سانتی گراد)
<۰/۰۵	$\text{NO}_2$ ماهیان سرد آبی (میلی گرم بر لیتر)
<۲	$\text{NH}_4^+$ ماهیان سرد آبی (میلی گرم بر لیتر)
<۰/۰۱۳	$\text{NH}_3$ سمی ماهیان سرد آبی (میلی گرم بر لیتر)

میزان تولید پرورش ماهیان سردآبی را با توجه به عمق دریاچه و تغییرات دمای آب می‌توان پیش بینی کرد. نظر به اینکه در قسمت انتهایی دریاچه در محدوده ایستگاه‌های سه و چهار بیشتر تحت تاثیر جریان ورودی آب قرار می‌گیرد جایگاه مناسب برای نصب قفس نمی‌باشد و در محدوده تاج سد و ایستگاه دو برای نصب قفس مناسب‌تر بنظر می‌رسد. میانگین عمق دریاچه در ایستگاه یک ۲۷/۵ متر و در ایستگاه دو ۱۹/۵ متر در طی ماه‌های نمونه‌برداری ثبت شده است. با توجه به شکل (۶) پروفیل درجه حرارت آب دریاچه نشان می‌دهد که دمای مناسب تا عمق ۱۰ متر جهت پرورش ماهی قزل‌آلا به شیوه پرورش در قفس فراهم می‌باشد. زمانی که لایه‌بندی حرارتی بهم می‌خورد باعث بهم خوردن رسوبات کف شده که منجر به خروج گازهای سمی و مرگ‌ومیر ماهیان می‌گردد که این نکات باید مورد توجه قرار گیرد، لازم به ذکر است که میزان رهاسازی ماهی در قفس بستگی به وزن نهایی ماهی برای برداشت دارد، تعداد ماهی جهت رهاسازی در هر مترمکعب از نسبت "وزن کل ماهیان در برداشت (کیلوگرم در مترمکعب) به وزن مورد نظر برداشت هر ماهی (کیلوگرم)" استفاده می‌شود (میرزاجانی، ۱۳۹۰).

طی سالیان اخیر پرورش ماهیان سردآبی به روش پرورش در قفس در آب‌های لب‌شور و شور محیط‌های دریایی و ساحلی در برخی از کشورها بویژه نروژ و شیلی گسترش قابل توجهی یافته است. تعیین حداکثر ظرفیت قفس بدلیل پروسه پیچیده‌ای از قبیل هزینه اولیه، هزینه پرورش، بیماری‌ها، بازار و مشکلات مدیریتی دارد مشکل می‌باشد با این وجود در بعضی از کشورها برای دریاچه‌ها با کیفیت جریان آب مناسب به معیارهای برای تولید دست یافته‌اند که از آنجمله

نیوانگلند بین ۱۶ تا ۲۴ کیلوگرم در مترمکعب، در نروژ ۲۰ کیلوگرم در مترمکعب و در اسکاتلند ۳۰ کیلوگرم در مترمکعب می‌باشد (Hguenin, 1997). بطور کلی هر ۱۰۰۰ مترمربع مساحت قادر است ۴۰۰ کیلوگرم ماهی را تولید کند که بعنوان حد ماکزیم لحاظ می‌گردد. ماکزیم حجم قفس‌ها مساوی ۲/۶a مترمکعب می‌باشد که a تعداد مساحت‌های ۱۰۰۰ مترمربعی از پیکره آبی می‌باشد (Joseph, 2009). بعنوان مثال اگر در یک دریاچه مساحت مناسب را برای نصب قفس حدود ۲۰ هکتار در نظر بگیریم، بر اساس معادلات اشاره شده در بالا، دریاچه توان تولید ۸۰ تن ماهی را خواهد داشت. این میزان ماهی در حجم محصوره معادل ۵۲۰ مترمکعب قابل پرورش می‌باشد. با توجه به سطح حدود ۹۰۰ هکتار دریاچه گلابر سطح مناسب پرورش ماهی در قفس می‌توان حدود ۹۰ هکتار در نظر گرفت اما ظرفیت تولید با توجه به کیفیت آب و محدودیت‌های که در پرورش متراکم آبیان ایجاد می‌گردد بایستی با دقت بیشتری مورد توجه قرار گیرد. بر مبنای مساحت پیش‌بینی شده و بر اساس معادلات اشاره شده در بالا، در دریاچه گلابر سالانه به میزان ۳۶۰ تن ماهی قزل‌آلا به شیوه پرورش در قفس پیش‌بینی می‌گردد. این میزان ماهی در حجم محصوره معادل ۲۳۴۰ مترمکعب قابل پرورش می‌باشد. بر حسب نوع طراحی و هزینه ساخت، ابعاد قفس‌ها می‌تواند متفاوت باشد اما براساس شرایط محیطی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب دریاچه و برخی از محدودیت‌های بیان شده در دریاچه گلابر بین ارتفاع قفس‌ها نباید در زیر عمق ۱۰ متر قرار گیرد. برای دست یابی به این مقدار تولید پیشنهاد می‌گردد سالانه حدود ۱۰ هکتار از دریاچه مورد بهره‌برداری

قرار گیرد و در یک برنامه زمانی مشخص بررسی اثرات توسعه آبی‌پروری در قفس بر کیفیت آب و تعیین مجدد ظرفیت در هر سال تا رسیدن به سقف تولید پیش بینی شده ادامه یابد. میزان تولید مواد معلق جامد در محیط با توجه به ظرفیت و حجم قفس‌ها و همچنین میزان غذادهی قابل توجه بوده فلذا در هنگام فعالیت پرورش ماهی به روش پرورش در قفس این مواد باید کنترل شود در شرایط معمولی میزان مواد جامد معلق (TSS) در دریاچه گلابر ۳۲/۴ میلی گرم برلیتر ثبت گردیده است. بر اساس مطالعات انجام شده افزایش مواد جامد معلق در اطراف قفس‌های آبی‌پروری که ناشی از مدفوع ماهیان و باقیمانده غذا می‌باشد حدود ۲۵۰-۳۰۰ کیلوگرم به ازای هر تن تولید ماهی می‌باشد. Philips و همکاران در سال ۱۹۹۴ برآورد کردند که به ازای هر تن ماهی قزل‌آلا رنگین کمان ۳۰۰-۱۵۰ کیلوگرم ضایعات غذایی و ۳۰۰-۲۵۰ کیلوگرم مدفوع توسط ماهیان در محیط زیست آزاد می‌شود و همچنین مجموع ضایعات ذره‌ای که به ازای هر تن ماهی وارد محیط زیست می‌شود ۱/۳۶ تن می‌باشد که این مقدار با توجه به اندازه ماهی و نوع غذای مصرفی متفاوت می‌باشد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). با این وجود با اجرای این گونه طرح‌ها علاوه بر تامین پروتئین مورد نیاز جامعه، راندمان تولید افزایش یافته و از امکانات بالقوه و بالفعل محلی و منطقه‌ای استفاده بهینه بعمل می‌آید. همچنین باعث ایجاد اشتغال در منطقه بویژه برای خانوارهای روستایی می‌گردد و در صورت بهره‌برداری از این پتانسیل گامی جدی در مسیر توسعه پایدار روستایی برداشته خواهد شد.

### سپاسگزاری

بدینوسیله از کلیه افرادی که در نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌ها همکاری داشتند، از مدیریت محترم شیلات زنجان و سد گلابر که در هنگام نمونه‌برداری همکاری لازم را با اینجانب داشتند صمیمانه تقدیر و تشکر بعمل می‌آید.

### منابع

۱. اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌های بهداشتی و استاندارد در محیط زیست، انتشارات نقش مهر، ۷۶۹ صفحه.
۲. اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۷۹. مبانی مدیریت کیفی آب در آبی‌پروری، موسسه تحقیقات شیلات ایران - مدیریت اطلاعات علمی، ۲۶۰ صفحه.
۳. بابائی، ه.، ۱۳۹۱. بررسی پساب‌های خروجی آب‌های مزارع سردآبی انفرادی استان همدان، پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی، بندرانزلی، شماره ثبت ۴۶۱۷۸، ۷۱ صفحه.
۴. بابائی، ه.، ۱۳۹۳. مطالعه سد خاکی گلابر شهرستان ایجرود در استان زنجان، پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی، بندرانزلی، ۹۶ صفحه.
۵. سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۹۰. سالنامه آماری، سازمان شیلات ایران (۸۹-۱۳۷۹)، معاونت برنامه‌ریزی و توسعه مدیریت، دفتر برنامه و بودجه، ۶۰ صفحه.
۶. شرکت سهامی آب منطقه‌ای زنجان، ۱۳۸۵. طرح سد مخزنی و شبکه آبیاری و زهکشی گلابر (بروشور).
۷. لازلو هوروات، گ.، ۱۹۴۰. پرورش ماهی کپور و سایر ماهیان پرورشی (ماهیان علفخوارچینی، لای‌ماهی، ماهی طلایی، اردک ماهی، سوف و اسبله). ترجمه کریم مهدی نژاد و حسین خارا. ۱۳۸۱. موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۱۷۱ صفحه.

14. APHA, 2005. Standard Methods for Examining of Water and Waste Water. 17<sup>th</sup> edition, Method 507, Washington D.C., 531 P.
  15. Axler, R., Yokom, S., Tikkanen, C., McDonald, M., Runke, H., Wilcox, D. 1998. Restoration of a mine pit lake from aquacultural nutrient enrichment. *Restoration Ecology*, 6(1), 1-19.
  16. Carney, E. 2009. Relative influence of lake age and watershed land use on tropic state and water quality of artificial lakes in Kansas, *Lake Reserve Manage*, 199-207.
  17. EPA, 1996. Quality criteria for waters, Washington D.C. P 256.
  18. Huguenin, J., 1997. The desing operations and economics of cage culture systems. *Aquaculture Engineering*, 167-203.
  19. Joseph, S., 2009. Open sea Cage culture: carrying capacity and stocking in the grow out system.
  20. Lu, X., Li, L.Y., Lei, K., Wang, L., Zhai, Y., Zhai, M. 2010. Water quality assessment of Wei River, China using fuzzy synthetic evaluation. *Environ Earth Sci.*, 60(8), 1693-99.
  21. Phillips, M.G., Ross, L.G., 1994. The environmental impact of salmonid cage culture on inland fisheries, *Journal of Fish Biology*, 27, 123-137.
  22. Stirling, H.P., Philips, M.J., 1990. Water Quality management for Aquaculture and Fisheries.
- ۸ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۳. مطالعات آمایش سرزمین - جهت گیری های آمایش، دفتر آمایش و توسعه پایدار.
  ۹. مختاری، ز.، دانش نوران، ب.، ۱۳۸۰. پرورش ماهی در قفس مجله دانشمند .
  ۱۰. مشائی، م.، پیغان، ر.، ۱۳۷۷. بهداشت و پرورش ماهیان گرم آبی، انتشارات نوربخش، ۱۱۸ صفحه.
  ۱۱. میرزاجانی، ع.، ۱۳۹۰. بررسی لیمنولوژی دریاچه سدخاکی توده بین شهرستان ابهر، استان زنجان، پژوهشکده آبی پروری آب های داخلی، بندرانزلی، ۸۲ صفحه.
  ۱۲. ویلکی، ا.، ۱۳۸۴. مدیریت مزرعه پرورش قزل آلا (علمی کار بردی)، انتشارات نقش مهر، ۱۰۲ صفحه.
  ۱۳. هاشمی، س.، قاسمی زیارتی، ا.، رنجکش، ی.، ۱۳۸۴. سهم بندی بارآلودگی ورودی از زیر حوضه ها به مخزن سد امیر کبیر با استفاده از مدل QUAL2K، مجله محیط شناسی، ۵۷ (۱۳۹۰)، ۸-۱.