مروری بر دستاوردهای تحقیقاتی پرورش قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در آبهای لب شور داخلی ناحیه مرکزی ایران

• **مرتضی علیزاده:** ایستگاه تحقیقات شیلاتی آبهای شور داخلی، بافق صندوق پستی: ١١٢٣-٨٩٧١٥

تاریخ دریافت: تیر ١٣٨٨ تاریخ پذیرش: مهر ١٣٨٨

چکیده

آبزی پروری در آبهای داخلی با هدف تولید گوشت، ایجاد اشتغال و درآمدزایی اهمیت زیادی دارد. یکی از فعالیت‌های مرتبط با صنعت آبزی‌پروری در آبهای داخلی، بهره‌برداری اقتصادی از آبهای زیرزمینی مناطقی است که تحت تاثیر شوری قرار گرفته‌اند. این مسئله از نقطه نظر اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی دارای اهمیت زیادی است. در میان آبزیان پرورشی کشور، ماهی قزل‌آلا بعنوان یکی از با ارزش‌ترین آنهاست و از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. قزل‌آلای رنگین کمان یکی از گونه‌های مقاوم به شوری است و بهترین عملکرد رشد را در آبهای لب شور دارد. با توجه بوجود منابع غنی آبهای شور زیرزمینی در استان یزد، برای اولین بار در کشور پرورش قزل‌آلای رنگین کمان در آبهای لب شور داخلی در منطقه بافق مورد بررسی قرار گرفت و به دنبال موفق بودن آزمایش اولیه، مجموعه‌ای از مطالعات تکمیلی طی ده سال اخیر با هدف شناخت بهتر احتیاجات این ماهی در شرایط آب لب شور، بهینه‌سازی روش پرورش و افزایش تولید انجام شد. براساس نتایج بدست آمده در آزمایش اولیه، ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بخوبی با شرایط آب لب شور زیرزمینی (با شوری ١٤ گرم در لیتر) بدون هیچ تلفاتی، سازگار شده و رشد مطلوبی داشته است. همچنین استفاده از آن در استخرهای خاکی در نیمه دوم سال بعنوان سیستم پرورش در این شرایط محیطی معرفی گردید. بررسی نیازهای پروتئین و انرژی مورد نیاز ماهی قزل‌آلا نشان داد استفاده از سطح ٣٥ درصد پروتئین و انرژی ٤٧٥٠ کیلو کالری بر کیلوگرم، بهترین رشد این ماهی را در آب لب شور به همراه دارد. استفاده از روشهای مختلف افزایش تولید نشان داد که استفاده مجدد از پساب استخرهای خاکی و ایجاد محیط محصور (net pen) نسبت به استفاده از تجهیزات هوادهی نتایج بهتری را در عملکرد رشد به همراه دارد. با بررسی روند تکامل گناد و بلوغ جنسی قزل‌آلا در آب لب شور مشخص گردید رشد و توسعه شاخص‌های گنادیک و سوماتیک ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در این محیط سرعت بیشتری نسبت به آب شیرین داشته و بلوغ سریعتر رخ می‌دهد. با توجه به بررسی‌های انجام شده و نتایج حاصله، این ماهی قابلیت بالایی برای پرورش در آبهای لب شور داخلی دارد و راهکاری مناسب و عملی جهت توسعه آبزی‌پروری در آبهایی داخلی است. هرچند این مطالعات براساس استفاده از آبهای گرم و شور زیرزمینی صورت گرفته که عمدتاً در مناطق دارای اقلیم گرم و خشک وجود دارند، ولی با توجه به تنوع بالای کیفیت منابع آبهای شور داخلی لازم است تحقیقات در این زمینه ادامه یافته و راهکارهای مختلف متناسب با شرایط منطقه‌ای مورد بررسی قرار گیرند.

لغات کلیدی : آبهای داخلی، شوری، قزل‌آلای رنگین کمان، آب لب شور

* پست الکترونیکی نویسنده: m_alizadeh٤٧@yahoo.com

مقدمه

شور شدن یا بعبارتی کلی بیابان‌زایی، یکی از مسائل مهم زیست محیطی است که بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان با آن مواجه می‌باشد (۲۵ و ۳۳). یکی از فعالیت‌های مرتبط با صنعت آبزی‌پروری در آبهای داخلی، بهره‌برداری اقتصادی از آبهای زیرزمینی مناطقی است که تحت تاثیر شوری قرار گرفته‌اند ضمن آنکه از این طریق می‌توان بخشی از هزینه‌های مربوط به سیستمهای مدیریت آبهای سطحی و زیر سطحی را تامین نمود. آبزی‌پروری در آبهای داخلی از نقطه نظر اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی دارای اهمیت است. از دیدگاه اقتصادی تامین زمین و انتقال آب (پمپاژ و ...) مورد نیاز برای پرورش آبزیان بسیار مهم می‌باشد. زمینهایی که تحت تاثیر شوری قرار می‌گیرند به مراتب ارزان‌تر از زمینهای مناطق ساحلی هستند و علاوه بر این، هزینه‌های مربوط به انتقال آب را می‌توان از طریق سود حاصل از سرمایه‌گذاری در طرحهای تلفیقی پروژه‌های آبزی‌پروری در آبهای شور داخلی با طرح‌های بیابان‌زدایی یا کشت گیاهان اقتصادی شورپسند، تامین نمود. این مسئله همچنین منجر به صرفه‌جویی و کاهش هزینه‌های اجرای طرح در هر دو بخش خواهد شد (۲۳). همچنین مزارع پرورشی که در آبهای داخلی احداث می‌شوند، در معرض تخریب‌های حاصل از امواج قرار ندارند و در برابر عوامل بیماریزا نیز ایزوله هستند که این موارد تاثیر بسزایی در کاهش هزینه‌های پرورش دارد (۲۲). از نقطه نظر اجتماعی از طریق ایجاد صنعت آبزی‌پروری در مناطق شور داخلی و فراهم آورن زمینه اشتغال افراد بومی، از مهاجرت آنها به علت مسائل مربوط به شوری خاک و عدم امکان کاشت محصولات کشاورزی و کسب سود اقتصادی، جلوگیری می‌شود (۱۶). از دیدگاه زیست‌محیطی، پرورش آبزیان در مناطقی که تحت تاثیر شوری قرارگرفته‌اند، نوعاً یک رویکرد سازشی با شوری تلقی می‌گردد و بطور غیرمستقیم راهکار مناسبی برای حل این مشکل زیست‌محیطی محسوب می‌شود (۱۵ و ۴۱).

برای استقرار یک سیستم پرورش در آبهای شور داخلی سازگاری گونه مورد پرورش از دیگر ملاحظات مهمی است که بایستی در نظر گرفته شود. عامل شوری به علت تغییر نیازهای انرژتیک مورد نیاز برای تنظیم یونی و اسمزی می‌تواند میزان انرژی مورد نیاز برای رشد ماهی را تحت تاثیر قرار دهد (۳۰). براساس بررسی انجام شده توسط Tsintsadze در سال ۱۹۹۱، گونه قزل‌آلای رنگین کمان بالاترین نرخ رشد را در شوری ۱۵ تا ۱۸ گرم بر لیتر داشته و در شوری‌های پایین‌تر میزان رشد کاهش یافته و در آب شیرین کمترین نرخ رشد را داشته است. این نکته را بایستی در نظر داشت که ترکیب شوری آبهای شور داخلی با آب شور دریا متفاوت است و احتمالاً این تفاوت در مناطق مختلف نیز وجود دارد. به نظر می‌رسد ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بخوبی به تغییرات سریع شوری سازگار شده و اغلب در مراکز پرورش مستقیماً از آب شیرین به آب شور منتقل می‌شود (۲۴). همچنین مطالعات نشان داده است ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول فصل زمستان بهتر نسبت به محیط آب شور سازگار شده است (۳۱). در مورد پرورش این گونه در محیطهای دریایی مطالعات زیادی صورت گرفته است. Aleksandrova و Manolov در سال ۱۹۷۷، پرورش قزل‌آلا در آبهای شور دریایی درون pen (در سواحل بندر بالچیک و خلیج سوزوپل) را مورد بررسی قرار دادند ولی بدلیل مشکل گل آلودگی آب و مساعد شدن شرایط محیطی تلفات شدیدی رخ داده و اکثر ماهیان تلف شدند. همچنین در تحقیقات دیگر امکان پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در محیطهای دریایی به شیوه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت (۱۷، ۲۰، ۲۱، ۲۵، ۲۸، ۲۹، ۳۶، ۳۸ و ۴۰)، اما در مورد پرورش ماهی قزل‌آلا با استفاده از منابع آب لب‌شور زیرزمینی داخلی در مناطق صحرایی با اقلیم گرم و خشک تا زمان شروع این تحقیقات در سال ۱۳۷۴ اقدامی صورت نگرفته بود. در این سال، پرورش قزل‌آلا در آب لب شور داخلی برای اولین بار در کشور با در نظر گرفتن مزایای پرورش و همچنین رشد مطلوب قزل‌آلا در اینگونه منابع آبی در ایستگاه تحقیقاتی ماهیان آب شور بافق یزد بصورت جدی مطرح و امکان آن از طریق اجرای چندین پروژه تحقیقاتی متوالی مورد بررسی قرار گرفت.

استان یزد به‌رغم محدودیت‌های موجود در زمینه بهره‌برداری از آبهای شیرین، دارای منابع غنی آبهای لب شور و شور زیرزمینی است که عمدتاً در دشت‌های کم ارتفاع مرتبط با حوزه‌های مهم آبریز استان و مناطق همجوار قرار دارند و به علت شور بودن هیچگونه کاربردی در زمینه مصارف مختلف از قبیل شرب، صنعت و کشاورزی ندارند. طی مطالعات انجام شده در مورد شرایط آب و خاک منطقه مشخص گردید، آبزی‌پروری می‌تواند یکی از موثرترین و کارآمدترین روش بهره‌برداری از این

منابع آبی باشد. قزل‌آلای رنگین کمان یک گونه سازگار با محیطهای شور و لب شور است و گزینه مناسبی برای پرورش در منابع آبی مناطق اشاره شده می‌باشد. مسئله پرورش قزل‌آلای رنگین کمان در فصل سرد سال بعنوان گزینه‌ای برای بهره‌برداری از منابع آب لب شور زیرزمینی مناطق کویری مرکزی ایران همراه با کسب سود اقتصادی موضوعی است که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت.

روند انجام مطالعات

ایستگاه تحقیقات شیلاتی آبهای شور داخلی بافق یزد، در سال ۱۳۷۰ با هدف مطالعه روی آبزیان شورپسند و به منظور کمک به توسعه آبزی‌پروری در آبهای داخلی مناطق مرکزی ایران تاسیس شده است بعنوان محل اجرای پروژه انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت. این ایستگاه در حاشیه دشت بزرگ درّه انجیر بافق در ارتفاع حدود ۹۹۰ متری از سطح دریا واقع شده، دارای سفره بزرگ آب شور زیرزمینی است که حاصل حرکت جریانهای سطحی و زیرزمینی آب از نواحی مرتفع‌تر اطراف به این منطقه می‌باشد. این سفره آبی از عمق ۳ متری زمین شروع شده و تا اعماق حدود یکصد متری ادامه دارد. شوری آب در ۲۰-۳ متری بین ۱۶-۱۲ گرم در لیتر و در ۶۰-۲۰ متری بین ۱۰-۷ گرم در لیتر است. آب و هوای این منطقه گرم و خشک و دارای بهار و تابستان گرم و پاییز و زمستان سرد است.

بدلیل آنکه برای اولین بار در کشور پرورش گونه قزل‌آلا در آبهای لب شور زیرزمینی مورد بررسی قرار می‌گرفت، در ابتدا لازم بود یک آزمایش اولیه در شرایط منطقه انتخاب شده، انجام شود. بدین ترتیب، این موضوع در مقیاس کوچک در یک استخر خاکی نیم هکتاری (۲/۵ ۵۰ ۱۰۰ متر) مورد بررسی قرار گرفت. آب مورد نیاز با استفاده از یک حلقه چاه نیمه عمیق (با آبدهی حدود ۲۰ لیتر در ثانیه) مجهز به سیستم پمپاژ الکتریکی تامین گردید. شوری و دمای آب چاه در طول دوره پرورش، ثابت و مقدار آن بترتیب حدود ۱۳/۵گرم در لیتر و ۲۳/۵ درجه سانتیگراد بود. براساس تئوری آزمایش، با شروع فصل سرما از اوایل پاییز، استخر آبگیری شد و تداوم دوره سرما تا آخر زمستان باعث حفظ سردی آب گردید. پیش‌بینی تعویض آب به میزان حدود ۵ درصد از حجم آب استخر در شبانه‌روز در طول دوره پرورش باعث شد تا ضمن خروج بخشی از مواد دفعی متابولیکی در طول دوره پرورش، دمای آب استخر متناسب با تغییرات آب و هوایی بین ۱۸-۱۰ درجه سانتیگراد در نوسان باشد. بنابراین، ظرفیت گرمایی ویژه آب، نقش اصلی را در تامین شرایط دمایی مورد نیاز در استخر بعهده داشت. بطوریکه تعویض روزانه آب به میزان ۵ درصد از حجم آب استخر با آب گرم چاه مانع از گرم شدن یا سرد شدن آب استخر، خارج از محدوده دمایی قابل تحمل برای قزل‌آلا در دوره پرورش گردید. چنین شرایطی بیانگر امکان رهاسازی بچه ماهی در مهر ماه و اجرای یک دوره پرورش تا اسفند ماه (به مدت ۶- ۵ ماه) بود. در این رابطه پیش‌بینی شد بچه ماهیها با وزن اولیه بالا (حدود ۵۰ گرم) انتخاب شوند تا امکان دستیابی به وزن بازاری (حدود۴۰۰-۳۵۰ گرم) در پایان دوره پرورش فراهم گردد.

برای انجام آزمایش تعداد ۵۰۰۰ بچه ماهی قزل‌آلا با وزن اولیه حدود ۵۰ گرم تهیه گردید. بچه ماهیها پس از انتقال به محل آزمایش در یک حوضچه بتنی کوچک نگهداری شدند و طی مدت ۲۰ ساعت بتدریج و بدون بروز تلفات، با آب لب شور سازگاری کامل یافتند. بچه ماهیها سپس به استخر خاکی پرورش با تراکم یک عدد در مترمربع رهاسازی شدند. تغذیه ماهیها با استفاده از خوراک خشک (GFT_1 و GFT_2) طی سه نوبت در روز (بعد از طلوع، ظهر و قبل از غروب) انجام شد. میزان غذای روزانه طبق جدول غذادهی و براساس برآورد وزن زنده ماهیها از طریق زیست‌سنجی در فواصل ۱۵روزه تعیین گردید. برخی فاکتورهای آب از جمله اکسیژن، دما، pH و عمق سی‌شی دیسک بصورت روزانه اندازه‌گیری شد. طول دوره پرورش ۱۰۵ روز بود (۲).

نتایج بدست آمده در پایان دوره ۱۰۵ روزه پرورش حاکی از بازماندگی ۸۲/۱ درصد، متوسط وزن نهایی ۰/۹۱۶±۲۷۵ گرم، رشد متوسط روزانه ۰/۰۱۸±۲/۱۵ گرم و ظرفیت تبدیل غذایی ۰/۰۹۹±۱/۵ بود. طی این مدت میزان متوسط اکسیژن محلول، دمای آب، متوسط شوری آب و عمق سی‌شی دیسک بترتیب ۶/۸ میلی‌گرم در لیتر، ۱۳/۹ درجه سانتیگراد، ۱۳/۴ گرم در لیتر و ۸۵ سانتیمتر بود. نتایج حاصل از آزمایش بیانگر سازگاری و رشد مطلوب قزل‌آلای رنگین کمان با آبهای لب شور زیرزمینی بود، ضمن آنکه رشد مطلوب بچه ماهیانی که وزن اولیه ۲۰ تا ۳۰ گرم داشتند، نشان داد که امکان شروع دوره پرورش با بچه ماهیان دارای وزن پایین‌تر (حدود ۲۰ گرم) وجود دارد. همچنین مشخص گردید استفاده از سیستم پرورش در نظر گرفته شده می‌تواند راهکار مناسبی برای بهره‌برداری از آبهای گرم و شور زیرزمینی جهت پرورش قزل‌آلا باشد.

به دنبال انجام مطالعه فوق روی قزل‌آلا و سازگاری و رشد

مطلوب این ماهی در شرایط محیطی جدید، مجموعه‌ای از مطالعات تکمیلی با هدف شناخت نیازهای قزل‌آلای رنگین کمان در محیط آب لب شور زیرزمینی و امکان بهینه‌سازی روش پرورش و افزایش تولید در واحد سطح برنامه‌ریزی گردید و طی چند سال متوالی به مورد اجرا گذاشته شد. برای انجام این مطالعات متناسب با نیاز پروژه اقدام به ایجاد تاسیسات و تامین تجهیزات گردید که از جمله آنها احداث استخرهای خاکی جدید، حفر چاه جدید، احداث سالن سرپوشیده، آزمایشگاه و تامین سایر امکانات تحقیقاتی بود. مطالعات تکمیلی شامل موارد زیر بودند:

۱- تعیین تراکم مناسب ماهی در استخرهای خاکی پرورشی

با توجه به نتایج حاصل از اولین تجربه که با تراکم یک عدد در مترمربع انجام گرفت، تعیین تراکم مناسب به منظور دستیابی به مقدار تولید بیشتر با توجه به نوع سیستم پرورش و ارزیابی اقتصادی آن مورد توجه قرار گرفت. برای این منظور بچه ماهیان قزل‌آلا با وزن متوسط اولیه ۰/۸۷۵±۱۵/۲۵ گرم با چهار تیمار تراکم ۱/۵، ۲، ۲/۵ و ۳ عدد در مترمربع در استخرهای خاکی ۱۰۰۰ مترمربعی به مدت ۱۵۰ روز پرورش یافتند. میزان تعویض آب برای تمام تیمارها یکسان بود و حدود ۱۰ درصد حجم آب استخر در شبانه‌روز در نظر گرفته شد.

غذادهی با استفاده از غذای کنسانتره GFT_1 و GFT_2 صورت گرفت و مقدار غذای مصرفی روزانه بطور میانگین حدود ۲ درصد وزن توده زنده تعیین شد. در طول دوره پرورش هر ۱۵ روز یکبار ماهیها مورد زیست‌سنجی قرار گرفته و در پایان دوره پرورش، برخی فاکتورهای رشد شامل درصد افزایش وزن (%BWi[۱])، درصد رشد روزانه (%ADG[۲])، درصد بقاء، ضریب تبدیل غذایی (FCR[۳]) و ضریب رشد ویژه (SGR[۴]) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد محاسبه گردید (۸). براساس نتایج بدست آمده در این بررسی، بهترین عملکرد رشد در تیمار تراکم ۱/۵ عدد در مترمربع بدست آمد. بررسی نتایج حاصل از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی نشان داد، با افزایش تراکم در واحد سطح استخرهای خاکی، شرایط کیفی آب بدتر شده و در نتیجه علاوه بر کاهش عملکرد رشد، ضریب تبدیل غذایی نیز افزایش یافته است (جدول ۱). این وضعیت احتمالاً ناشی از وجود استرس در تراکمهای بالا و تاثیر منفی آن بر رشد بود. در حالیکه برای تامین دمای اپتیمم از طریق تعویض ۱۰ درصدی حجم آب در روز، میزان تعویض آب محدودیت داشت، چون دمای بالای آب چاه باعث افزایش دمای آب استخر تا آستانه تحمل قزل‌آلا می‌شد. بنابراین، چنین استنباط گردید که در این سیستم پرورش بدلیل نوع منبع آبی مورد استفاده و تاثیرپذیری زیاد این روش توسط شرایط اقلیمی منطقه، تراکمهای پایین‌تر (۱/۵-۱ عدد در مترمربع) می‌تواند نتایج بهتری را از لحاظ دستیابی به عملکرد مطلوب رشد ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در برداشته باشد. این یافته با توجه به محدودیت زمانی و امکان انجام فعالیت مذکور در ماههای سرد سال بسیار حائز اهمیت است و باید توسط پرورش‌دهندگان مد نظر قرار گیرد. لذا در تراکمهای پایین به دلیل فراهم شدن شرایط محیطی مناسب، رشد ماهی بیشتر است و انتخاب بچه ماهیان دارای وزن اولیه کمتر ضمن کاهش هزینه‌های تولید، افزایش محصول با وزن انفرادی بالاتر را به دنبال خواهد داشت.

[۱] Body Weight Increase
[۲] Average Daily Growth
[۳] Feed Conversion Ratio
[۴] Specific Growth Rate

جدول ۱: مقایسه میانگین‌های تاثیر تراکم بر عملکرد رشد ماهیان قزل‌آلای پرورشی در استخرهای خاکی آب لب شور (X±SD)

فاکتورهای رشد	تیمار ۱ (۱/۵ عدد در مترمربع)	تیمار ۲ (۲ عدد در مترمربع)	تیمار ۳ (۲/۵عدد در مترمربع)	تیمار ۴ (۳ عدد در مترمربع)
وزن متوسط اولیه (گرم)	۱۲/ ۵۰±۱/۵[a]	۱۶/۲۵ ±۰/۷۵[a]	۱۵/۵۰±۱/۵[a]	۱۴/۷۵±۱/۷۵[a]
وزن متوسط نهایی (گرم)	۲۷۷/ ۲±۲/۷۵[a]	۲۷۱/۲±۳/۵[ab]	۲۵۵/۲±۱/۷۵[c]	۲۴۱/۷±۲/۷۵[d]
افزایش وزن (درصد)	۱۸۳۱±۱۸۰/۸[a]	۱۵۷۳±۵۵/۶۵[a]	۱۵۶۱±۱۴۹/۴۴[a]	۱۵۶۰±۱۷۸/۲۸[a]
درصد رشد روزانه	۱۷۵/۶±۰/۸۳۵[a]	۱۷۰/۱±۱/۸۳۵[b]	۱۵۹/ ۸±۰/۱۴۷[c]	۱۵۱/ ۳±۰/۶۶۵[c]
بازماندگی نهایی (درصد)	۹۱/۵±۱/۵[a]	۸۹/۵±۰/۵[ab]	۸۷/۵۰±۱/۵[ab]	۸۵/۵±۱/۵[b]
ضریب تبدیل غذائی	۱/ ۳۱۰±۰/۳۰[a]	۱/ ۳۷۰±۰/۰۲[ab]	۱/ ۴۵۰±۰/۰۰[bc]	۱/ ۵۴۰±۰/۰۵[c]
ضریب رشد ویژه	۱/ ۹۷۰±۰/۰۶۲۵[a]	۱/۸۷۸±۰/۰۲۲۰[a]	۱/۸۷۱±۰/۰۶۰۰[a]	۱/ ۸۶۹±۰/۰۷۲۰[a]

حروف مشابه در هر ردیف بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار است.

۲- تعیین سطوح پروتئین و انرژی مورد نیاز

این تحقیق با هدف شناخت نیازهای غذایی اصلی قزل‌آلای رنگین کمان در آب لب شور جهت تأمین حداکثر رشد انجام شد و در آن روابط متقابل سطوح مختلف پروتئین و انرژی جهت تعیین نیاز پروتئین، انرژی و نسبت بهینه آنها (P/E) در جیره غذایی این ماهی در آب لب شور در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با استفاده از آرایش فاکتوریل ۳ ۳ مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور ۹ جیره آزمایشی شامل سه سطح پروتئین ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درصد و در هر سطح پروتئین، سه سطح انرژی ۳۷۰، ۴۰۰ و ۴۳۰ کیلوکالری بر ۱۰۰ گرم بصورت نیمه خالص تهیه گردید. هر یک از تیمارهای غذایی طی سه تکرار بطور همزمان به مصرف ماهیها رسید. در هر تیمار از ۶۰ عدد ماهی قزل‌آلا (۲۰ عدد برای هر تکرار) با وزن متوسط ۳±۸۰ گرم استفاده شد. طی دوره ۸۴ روزه آزمایش، دمای آب ۲±۱۵ درجه سانتیگراد، pH بین ۸/۶ـ۷/۷، اکسیژن محلول بین ۸/۱ـ۶/۵ میلی‌گرم در لیتر و شوری آب ۰/۳± ۱۳/۵ گرم در لیتر بود (۳).

عملکرد رشد ماهیهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در جدول ۲ ارائه شده است. درصد افزایش وزن (BWi%) در تمام سطوح پروتئین (۳۵، ۴۰ و ۴۵ درصد) با افزایش سطح انرژی از ۳۷۰ به ۴۳۰ کیلوکالری بر صد گرم افزایش یافت و اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰,۰۵). این در حالی بود که در سطوح انرژی ۴۰۰ و ۴۳۰ کیلوکالری بر صد گرم، افزایش سطوح پروتئین از ۳۵ تا ۴۵ درصد هیچگونه اختلاف معنی‌داری در میزان رشد ایجاد نکرد (P>۰,۰۵). ولی در سطح انرژی ۳۷۰ کیلوکالری بر صد گرم، میزان رشد در سطح پروتئین ۴۵ درصد نسبت به سطوح پایین‌تر بیشتر بود و اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰,۰۵). براساس نتایج، بهترین رشد قزل‌آلای رنگین‌کمان پرواری در شرایط آب مورد آزمایش، در سطح پروتئین ۳۵ درصد، انرژی ۴۳۰ کیلوکالری بر صد گرم، نسبت پروتئین به انرژی (P/E) معادل ۸۱/۴ میلی‌گرم پروتئین بر کیلوکالری انرژی و مقدار چربی ۲۰/۶ درصد بدست آمد. مطالعات متعددی که در رابطه با احتیاجات پروتئینی ماهی قزل‌آلا انجام گرفته موید آن است که در صورت تأمین انرژی و اسیدهای آمینه مورد نیاز قزل‌آلا، می‌توان بدون کاهش رشد، میزان پروتئین جیره غذایی را به حداقل نیاز کاهش داد (۳۲، ۳۵ و ۴۵). مطالعات دیگر نشان داده است، سطح پروتئین ۳۵ درصد همراه با سطح چربی ۲۰-۱۵ درصد بهترین رشد را در ماهی قزل‌آلا ایجاد می‌کند (۴۲) ضمن آنکه استفاده از سطوح پروتئین ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درصد در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد تأثیر معنی‌داری بر روی رشد این ماهی ندارد (۱۹).

نتایج ارائه شده در این تحقیق نیز بیانگر آن است که چنانچه سطح انرژی غذایی مورد نیاز قزل‌آلا با استفاده از مقادیر مشخص چربی و کربوهیدرات تأمین و حفظ شود، می‌توان با در نظر گرفتن حداقل پروتئین مورد نیاز، حداکثر رشد را در این ماهی فـراهم کرد. بطوریـکه در این تحقیق کمترین سطح پروتئین در نظر گرفته شده (۳۵ درصد)، بیشترین رشد را در ماهی قزل‌آلا بهمراه داشت.

جدول ۲: تأثیر روابط متقابل سطوح مختلف پروتئین و انرژی جیره‌های آزمایشی بر عملکرد رشد ماهی‌ها (X±SE)

فاکتورهای رشد	شماره تیمار								
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
میانگین وزن اولیه (گرم)	۸۱±۰/۸۰	۸۲±۰/۸۱	۸۱±۰/۸۱	۸۰±۰/۷۹	۸۱±۰/۸۱	۸۲±۰/۸۱	۸۱±۰/۸۲	۸۱±۰/۸۱	۸۲±۰/۸۱
میانگین وزن نهایی (گرم)	۱۳۳±۹^{d}	۱۹۷±۱۲/۷a	۲۰۶±۱۲/۱^{a}	۱۳۲±۳^{d}	۱۸۳±۵/۵^{b}	۲۰۳±۴/۵^{a}	۱۶۱±۷/۴^{c}	۱۷۹±۳/۵^{b}	۲۰۲±۲/۵^{a}
درصد افزایش وزن	۶۴/۳±۱۱/۲^{d}	۱۴۰/۷±۱۳/۶a	۱۵۴/۳±۱۵/۲^{a}	۶۵/۳±۴^{d}	۱۲۵/۳±۶/۶^{b}	۱۴۶/۷±۵/۵^{a}	۹۴±۸/۹^{c}	۱۲۱/۳±۴/۵^{b}	۱۴۶/۷±۳^{a}
درصد رشد متوسط روزانه	۶۲/۳±۱۱/۱^{d}	۱۳۶/۳±۱۵a	۱۴۸/۷±۱۴/۶^{a}	۶۲/۳±۳/۶^{d}	۱۲۰/۷±۶/۴^{b}	۱۴۳/۳±۵^{a}	۹۳±۸/۹^{c}	۱۱۶/۷±۴^{b}	۳۱۴±۳^{a}
نسبت تبدیل غذا	۲/۶±۰/۵^{a}	۱/۵±۰/۲^{d}	۱/۳±۰/۱۱^{d}	۲/۲±۰/۲^{ab}	۱/۵±۰/۰^{d}	۱/۳±۰/۰^{d}	۲±۰/۱۵^{bc}	۱/۷±۰/۱^{cd}	۱/۳±۰/۱^{d}
نسبت بازدهی پروتئین	۱/۱±۰/۲^{d}	۱/۸±۰/۲۱^{bc}	۲/۱±۰/۱۷^{a}	۱/۱±۰/۱۷^{d}	۱/۷±۰/۰^{c}	۲±۰/۰^{ab}	۱/۱±۰/۱^{d}	۱/۳±۰/۱^{d}	۱/۷±۰/۱^{c}
نرخ رشد ویژه	۰/۵۹±۰/۰۸^{d}	۱/۰۴±۰/۰۷^{a}	۱/۱±۰/۰۷^{a}	۰/۶ ±۰/۰۲^{d}	۰/۹۶ ±۰/۰۳^{b}	۱/۰۷±۰/۰۳^{a}	۰/۷±۰/۰۵^{c}	۰/۹۴±۰/۰۲^{b}	۱/۰۷±۰/۰۱^{a}
شاخص وضعیت	۱/۰۵±۰/۰۳^{d}	۱/۳۱ ±۰/۰۲^{a}	۱/۳۲ ±۰/۰۵^{a}	۱/۰۶ ±۰/۰۳^{d}	۱/۲۲±۰/۰۲^{b}	۱/۲۹±۰/۰۵^{a}	۱/۱۶±۰/۰۵^{c}	۱/۲۲±۰/۰۵^{bc}	۱/۲۹±۰/۰۱^{a}
درصد مصرف پروتئین خالص یا ذخیره پروتئین	۱۸/۹±۴/۲^{de}	۳۰/۳±۵/۲^{ab}	۳۳/۷±۳/۷^{a}	۱۶/۹±۲/۸^{e}	۲۷±۰/۸^{bc}	۳۳/۳±۰/۱^{a}	۱۸/۷±۱/۳^{de}	۲۳/۳±۱/۸^{cd}	۲۸/۷±۱/۸^{abc}

حروف مشابه در هر ردیف بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار است.

۳- افزایش تولید در استخرهای خاکی :

موضوع افزایش تولید در استخرهای خاکی طی سه تحقیق جداگانه به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت:

۳-۱- استفاده از روشهای هوادهی

در این بررسی ماهیان قزل‌آلا با وزن اولیه ۳±۲۵ گرم با تراکم ۴-۲ عدد در مترمربع در شش استخر خاکی ۰/۳ هکتاری رهاسازی شدند و به مدت ۱۲۰ روز شاخصهای رشد آنها و نیز تاثیر هوادهی با استفاده از دستگاه force-۹۷ بر افزایش تولید در قالب سه تیمار مورد بررسی قرار گرفت. تیمار اول (شاهد) با تراکم ۲ عدد در مترمربع و بدون استفاده از هواده، تیمار دوم با تراکم ۲ عدد در مترمربع و با استفاده از دو دستگاه هواده و تیمار سوم با تراکم ۴ عدد در مترمربع و با استفاده از چهار دستگاه هواده در نظر گرفته شد. غذادهی با استفاده از غذای کنسانتره GFT_1 و GFT_2 صورت گرفت. در طول دوره پرورش هر ۱۵ روز یکبار ماهیان مورد زیست‌سنجی قرار گرفته و در پایان دوره پرورش، عوامل رشد از قبیل وزن متوسط، میزان رشد روزانه، درصد بقاء، ضریب تبدیل غذایی و ضریب رشد ویژه در قالب یک طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت و وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد تعیین گردید (۷). نتایج حاصل از تاثیر هوادهی بر روی فاکتورهای رشد در جدول ۳ نشان داده شده است.

روشهای مختلف هوادهی بطور گسترده در استخرهای پرورشی ماهیان گرمابی و میگو مورد استفاده قرار گرفته و نتایج مثبت و جالب توجهی را به همراه داشته است. در تحقیقی که توسط Martinez و همکاران (۱۹۹۸) در استخرهای پرورش میگوی پازرد انجام شد، هوادهی استخرها باعث افزایش رشد و مقدار محصول گردید. همچنین در تحقیقی که توسط Abdallah و Romaire (۱۹۹۶) انجام شد، تاثیر هوادهی در رشد گربه ماهی مورد بررسی قرار گرفت و نشانگر افزایش رشد ماهی در استخرهای مجهز به دستگاه هواده بود. این موضوع در استخرهای جریان‌دار پرورش ماهیان سردآبی بدلیل جاری بودن مداوم آب، کمتر مورد توجه و تحقیق قرار گرفته است.

در این بررسی شاخصهای رشد شامل وزن نهایی، میزان افزایش وزن، افزایش وزن روزانه و ضریب رشد در تیمارهای هوادهی با کاهش همراه بود. هرچند میزان اکسیژن محلول در آب در تیمارهای هوادهی بیشتر بود، لیکن کاهش رشد در استخرهای خاکی پرورش ماهی قزل‌آلا را می‌توان ناشی از کاهش عمق شفافیت دانست. طبق نظر Boyd (۱۹۹۷)، هوادهها سبب چرخش بخشی از آب استخر و تعلیق مجدد مواد در حال رسوب

می‌شوند. بنابراین وجود هواده در استخرهای خاکی می‌تواند موجب بر هم زدن رسوبات کف استخر شده و آنها را به حالت معلق درآورد. در چنین شرایطی بخصوص در روزهای گرم دوره پرورش، شرایط آب استخر بسرعت تغییر کرده، بطوریکه افزایش مواد غذایی در ستون آب و بدنبال آن رشد پلانکتونها منجر به ایجاد اختلال در گرفتن و مصرف غذا توسط قزل‌آلا می‌شود. این وضعیت همچنین باعث تشدید تعویض آب در این استخرها می‌گردد. بنابراین، استفاده از دستگاههای هوادهی نظیر force- ۹۷ نمی‌تواند عامل موثری در افزایش تولید اینگونه استخرها محسوب شود.

جدول ۳: مقایسه شاخص های رشد قزل آلا با تراکم های مختلف در استخرهای خاکی آب لب شور تحت تاثیر هوادهی

فاکتورهای رشد	تیمار شاهد (اول) (۲ عدد در مترمربع- بدون هوادهی)	تیمار دوم (۲ عدد در مترمربع- هوادهی)	تیمار سوم (۴ عدد در مترمربع- هوادهی)
وزن متوسط اولیه (گرم)	۲۵±۳	۲۵±۳	۲۵±۳
وزن متوسط نهائی (گرم)	۲۳۹ ±۱/۴۱^{a}	۲۳۶/۵±۰/۷۰۷^{a}	۲۳۰/۲ ±۰/۵۶^{b}
میزان افزایش وزن (گرم)	۲۱۴ ±۰/۵۰^{a}	۲۱۱/۵±۲/۱۲^{a}	۲۰۵/۲±۰/۱۴^{b}
افزایش وزن روزانه (گرم)	۱/۷۸۳ ±۰/۰۰۶^{a}	۱/۷۶۲±۰/۰۰۱^{a}	۱/۷۱۰±۰/۰۱۶^{ab}
بازماندگی نهائی (درصد)	۷۳/۵۸±۱/۵۳^{b}	۸۶/۱۵±۱/۲۷^{a}	۷۰/۰۱±۰/۷۰^{b}
ضریب تبدیل غذائی	۱/۳۷۷±۰/۰۸۶^{a}	۱/۳۰۷±۰/۱۳۶^{a}	۱/۳۶۱±۰/۱۲۷^{a}
ضریب رشد ویژه	۱/۸۸۱±۰/۰۰^{a}	۱/۸۷۵±۰/۰۵۳^{a}	۱/۸۴۹±۰/۰۰۸^{b}

حروف مشابه در هر ردیف بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

- افزایش تولید از طریق استفاده مجدد از پساب استخرهای خاکی

برای این منظور ۴ استخر خاکی پرورش قزل‌آلا هر یک به مساحت ۰/۵ هکتار در نظر گرفته شد. در دو استخر خاکی انتخاب شده، تغییری ایجاد نگردید (تیمار یک). ولی در قسمت خروجی دو استخر دیگر یک حوضچه گرد بتنی به قطر ۶ متر و حجم مفید حدود ۳۰ مترمکعب احداث گردید (تیمار دو). میزان تعویض آب در استخرهای خاکی در هر دو تیمار بصورت یکسان و حدود ۵ درصد حجم آب در شبانه‌روز (معادل حدود ۴ لیتر در ثانیه) بصورت دائمی تنظیم گردید. آب خروجی استخرهای تیمار یک مستقیماً به زهکش اصلی، ولی آب خروجی استخرهای تیمار دو قبل از انتقال به زهکش اصلی به حوضچه‌های گرد بتنی هدایت گردید بطوریکه انتقال آب از آنها هم بصورت ثقلی و هم پمپاژ امکانپذیر بود. علاوه بر برقراری جریان ثقلی دائمی از استخرهای خاکی به حوضچه‌های بتنی، انتقال آب بصورت پمپاژ ۱۲ ساعت در شبانه‌روز در فواصل یکساعته تنظیم گردید تا بدین طریق امکان دفع موثرتر فضولات حوضچه‌های گرد بواسطه افزایش جریان آب فراهم گردد.

وزن اولیه بچه ماهیها در زمان رهاسازی حدود ۳/۵±۲۵ گرم و تراکم رهاسازی در استخرهای خاکی در هر دو تیمار یک عدد در مترمربع (۵۰۰۰ عدد در هر استخر) و در حوضچه‌های بتنی تیمار دو، ۷۰ عدد در مترمربع (۲۱۰۰ عدد در هر حوضچه) در نظر گرفته شد. دوره پرورش حدود ۴/۵ ماه و در نیمه دوم سال انجام گرفت. دمای آب در طول دوره پرورش ۴±۱۴ درجه سانتیگراد و شوری آب ۰/۵±۱۲/۸ گرم در لیتر بود (۴). مقایسه عملکرد رشد تیمارهای مورد بررسی در جدول ۴ ارائه شده است. ضمن آنکه در حوضچه‌های بتنی متوسط زیتوده نهایی ۱/۰۶±۶۳۷/۵ کیلوگرم، ضریب تبدیل غذایی ۰/۰۷±۱/۵، درصد افزایش وزن ۲/۸۲±۱۰۳۷ و میزان بازماندگی ۹۰/۵ درصد بود (۴).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری و آنالیز برخی فاکتورهای آب شامل دما، pH، اکسیژن محلول، نیتریت و آمونیوم نشان داد، تمام فاکتورهای مورد نظر در طول دوره پرورش در محدوده اپتیمم و مجاز قرار داشتند. بررسی لیمنولوژی استخرهای خاکی آب لب شور پرورش ماهی قزل‌آلا توسط مشائی و همکاران (۱۳۸۳) نیز این مساله را تایید می‌نماید. براساس این نتایج، اجرای یک دوره همزمان پرورش از طریق احداث حوضچه‌های گرد بتنی در انتهای استخر خاکی و استفاده مجدد از آب

خروجی، حدود ۳۰ درصد افزایش تولید به ازای هر استخر خاکی را بدنبال داشت. این میزان تولید بدون نیاز به منبع آبی جدید و صرفاً از طریق استفاده مجدد آب حدود ۴ لیتر در ثانیه آب خروجی استخر خاکی بدست آمد.

در بررسی برخی شاخصهای اقتصادی شامل میزان تولید، هزینه تولید، فروش کل و سود کل، تفاوت معنی‌دار بین تیمار یک و استخرهای خاکی تیمار دو در سطح ۵ درصد و با استفاده از آزمون t جفت شده وجود نداشت (P>۰,۰۵). ولی در مجموع بین تیمارهای یک و دو تفاوت معنی‌دار بود (P<۰,۰۵). بطوریکه تیمار دو نسبت به تیمار یک از نظر میزان تولید ۳۰ درصد، از نظر فروش کل ۲۹ درصد و از نظر سود کل ۴۱ درصد افزایش نشان داد. بنابراین با توجه به شرایط خاص این نوع سیستم پرورشی و اهمیت موضوع بهره‌وری بهینه از عوامل تولید، نتایج این مطالعه می‌تواند یکی از راهکارهای افزایش تولید و درآمد در مزارع خاکی نیمه متراکم پرورش قزل‌آلا باشد.

جدول ۴: مقایسه برخی فاکتورهای رشد بین دو تیمار مورد مطالعه برای ارزیابی اثرات استفاده مجدد از پساب

فاکتورهای مورد نظر	تیمار یک (استخر خاکی بدون حوضچه بتنی)	تیمار دو (استخر خاکی + حوضچه بتنی)
زیتوده نهایی (کیلوگرم)	۲۱۹۳/۵±۰/۷۰ b	۲۸۳۱/۵ ±۰/۷۰ a
ضریب تبدیل غذا	۱/۳۵±۰/۰۱۴ b	۱/۴۱±۰/۰۰ a
درصد افزایش وزن	۱۵۹۰±۷/۰۷ b	۲۵۶۷±۳/۵ a
درصد بازماندگی نهایی	۸۶/۵ ±۰/۷۰ b	۸۹/۵±۰/۷۰ a

حروف مشابه در هر ردیف بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار است.

- بهبود بهره‌وری و عملکرد تولید در استخرهای خاکی آب لب شور پرورش قزل‌آلا از طریق ایجاد محیط محصور (net pen)

برای انجام این تحقیق چهار استخر خاکی ۰/۵ هکتاری با ابعاد مشابه، در دو تیمار با دو تکرار در نظر گرفته شد. دو استخر بدون تغییر ولی در دو استخر دیگر، حدود ۲۰ درصد فضای انتهایی با استفاده از دیواره توری تفکیک گردید، بطوریکه ماهیها در دو محیط پرورشی شامل فضای محصور شده (pen) و فضای آزاد استخر پرورش یافتند. تراکم ماهی در هر دو تیمار برحسب مساحت کل استخر محاسبه و مقدار آن ۱/۳۵ عدد در مترمربع بود. به عبارت دیگر در حالیکه در تیمار فضای آزاد استخر ۶۷۵۰ عدد ماهی رهاسازی گردید، همین تعداد ماهی به فضای محصور شده استخر تیمار شماره ۲ رها شد. میزان تعویض آب برای هر دو تیمار مشابه و معادل حدود ۵ درصد حجم کل آب استخر در روز در نظر گرفته شد. رهاسازی بچه ماهیها با وزن اولیه ۳±۳۱ گرم در هفته اول آبان ماه انجام شد و پرورش آنها به مدت ۱۵۰ روز ادامه یافت. تغذیه ماهیها تا وزن حدود ۸۰ گرم با GFT_1 و سپس تا پایان دوره با GFT_2 طی سه نوبت در روز صورت گرفت. در این تحقیق عملکرد رشد ماهیها در تیمارهای مورد مطالعه با استفاده از فاکتورهایی مانند درصد افزایش وزن، متوسط رشد روزانه، ضریب تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه، نسبت بازدهی پروتئین و شاخص وضعیت مورد بررسی قرار گرفت (۵).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری دما، اکسیژن محلول، pH و شوری آب و برآورد میانگین ماهانه در طول دوره پرورش بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار این فاکتورها بین دو تیمار بدلیل در نظر گرفتن شرایط تقریباً مشابه پرورش برای هر دو تیمار بود. براساس نتایج بدست آمده، در مورد فاکتورهایی شامل میانگین وزن و طول کل نهایی، رشد متوسط روزانه و بازماندگی نهایی، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مورد مطالعه مشاهده نگردید (P>۰,۰۵). در حالیکه درصد افزایش وزن، زی توده نهایی، شاخص وضعیت، نرخ رشد ویژه و بازدهی غذایی در تیمار محیط محصور بیشتر و اختلاف معنی‌داری با تیمار محیط آزاد داشت (P<۰,۰۵). این وضعیت عمدتاً ناشی از بالا بودن تراکم ماهیها، امکان رقابت غذایی بیشتر، تحرک و شنای کمتر و دسترسی به غذای بیشتر بود. ضریب تبدیل غذایی نیز در تیمار محیط محصور کاهش معنی داری نسبت به تیمار محیط آزاد داشت.

شرایط محیط محصور نسبت به محیط آزاد استخر باعث گردید، تا بدلیل امکان توزیع متعادل غذا بین تمام ماهیها و همچنین فراهم شدن شرایط دریافت یکنواخت‌تر غذا توسط آنها،

اختلاف وزن کاهش یافته و بخش بیشتری از ماهیها از وزن بازاری مناسب برخوردار شوند. نتایج حاصل از مقایسه نسبتهای وزنی ماهیها در زمان برداشت نهایی نشان داد که درصد گروههای وزنی ۳۵۰-۲۵۰ گرم که معمولاً گروه بازاری مناسبی را تشکیل می‌دهد، در تیمار محیط محصور افزایش معنی‌داری نشان می‌دهد ضمن آنکه گروههای وزنی ۲۵۰-۱۵۰ گرم و زیر ۱۵۰ گرم در این تیمار کاهش داشت. هزینه تامین غذا بعنوان یکی از مهمترین هزینه‌های پرورش و همچنین هزینه‌های صید که در استخرهای خاکی نسبتاً بالاست، کاهش معنی‌داری را در تیمار محیط محصور نشان داد ضمن آنکه بدلیل رشد بهتر ماهیها و وزن یکنواخت‌تر آنها در زمان برداشت، میزان فروش کل و سود خالص افزایش یافت.

۴- تکامل گنادها، بلوغ و تکثیر مصنوعی

این موضوع طی دو مطالعه جداگانه زیر مورد بررسی قرار گرفت:

- مقایسه روند تکامل گنادهای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در آب شیرین و لب شور:

۱۸۰ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با میانگین وزنی ۵±۲۰۰ گرم به ۶ حوضچه پلی اتیلنی ۲ مترمکعبی (۳ حوضچه حاوی آب شیرین و ۳ حوضچه حاوی آب لب شور) انتقال داده شدند (هر حوضچه ۳۰ عدد). در طول دوره ۱۴۰ روزه پرورش، دمای آب ۰/۶±۱۳/۸ درجه سانتیگراد، pH ۰/۱۲±۸/۱۸ و اکسیژن محلول ۰/۱۱±۶/۲ میلی‌گرم در لیتر بود و این مقادیر در آب شیرین و لب شور یکسان بود. شوری آب شیرین و لب شور مورد استفاده در طول دوره آزمایش ۰/۴ تا ۰/۵ و ۱۴/۳ تا ۱۴/۷ گرم در لیتر بود. غذادهی بوسیله غذای تجاری GFT_2 و براساس درصد از وزن زیتوده انجام شد. زیست‌سنجی ماهیها هر ۱۵ روز یکبار انجام گرفت. در طول دوره پرورش هر ماه یکبار از هر حوضچه پرورشی ۳ عدد ماهی بصورت تصادفی صید و بعد از اندازه‌گیری طول کل (TL)، طول چنگالی (FL)، طول استاندارد (SL) و وزن کل، کالبد شکافی شده و از گنادها تکه‌برداری و در محلول بوئن تثبیت گردید. مطالعات بافت‌شناسی گنادها به روش پارافینه کردن انجام و شاخصهای گنادیک و سوماتیک ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در دو محیط آب شیرین و لب شور مورد بررسی قرار گرفت (۱). نتایج حاصل از سنجش وزن ماهیان نشان داد بین میانگین وزن ماهیان پرورش یافته در آب شیرین و لب شور در نوبت اول تا پنجم زیست‌سنجی اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P<0.05$)، اما در نوبت ششم تا پایان دوره اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نمی‌شود ($P>0.05$). نتایج حاصل از مطالعه بافت‌شناسی بیضه ماهیهای نر نشان داد، روند توسعه بیضه‌ها در آب لب شور سریعتر از آب شیرین است بطوریکه ماهیان پرورش یافته در آب لب شور دو ماه زودتر از ماهیانی که در آب شیرین پرورش یافتند به بلوغ جنسی رسیدند. این نتایج با تغییرات شاخص گنادوسوماتیک (GSI) در سطح اطمینان ۹۵ درصد مطابقت داشت. نتایج حاصل از بررسی بافت‌شناسی گناد ماهیهای ماده نشان داد که تخمدان ماهیان پرورش یافته در آب شیرین تا مرحله ۴ (زیر مرحله 4a) و تخمدان ماهیان پرورش یافته در آب لب شور تا آخر مرحله ۵ پیش رفتند. آنالیز آماری داده‌های حاصل از تعیین ترکیب اووسیتهای تخمدان نشان داد که تا آذر ماه اختلاف بین درصد مساحت اشغال شده بوسیله اووسیتهای مراحل مشابه در تخمدان ماهیان پرورش یافته در آب شیرین و لب شور معنی‌دار نبود ($P>0.05$). اما در ماههای دی، بهمن و اسفند اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P>0.05$). نتایج حاصل از مطالعات بافت‌شناسی رشد مواد تناسلی ماهی ماده قزل‌آلای رنگین کمان پرورش یافته در آب شیرین و لب شور با تغییرات شاخصهای گنادوسوماتیک و هپاتوسوماتیک مطابقت داشت. میزان GSI در ماهیان پرورش یافته در آب شیرین و لب شور در ماههای دی، بهمن و اسفند اختلاف معنی‌داری داشت ($P<0.05$)(۱).

بطور کلی بلوغ به فاکتورهای ژنتیکی و بیولوژیکی وابسته است که خود تحت تاثیر شرایط محیطی‌اند (۱۸، ۲۷ و ۳۷). عوامل ژنتیکی و بیولوژیکی بیشترین اهمیت را بر میزان رشد و فاکتورهای موثر برآن دارند و تعداد زیادی از مطالعات، ارتباط میزان رشد بالا و سن بلوغ پایین را مشخص کرده‌اند (۴۳). براساس نتایج یک بررسی که از ماهیان پیش مولد استفاده کرده بودند، مشخص شد ماهیان پرورش یافته در آب لب شور زودتر از ماهیان پرورش یافته در آب شیرین بالغ شده و آماده تخمریزی بودند؛ همچنین به نظر می‌رسد آب لب شور محیط مساعدتری بویژه برای پیش مولدین پرورش یافته در آبهایی با دمای بالاتر باشد (۱۰). در مطالعه دیگری که تاثیر فتوپریود مصنوعی بر رشد مواد تناسلی ماهی ماده قزل‌آلای رنگین کمان مورد بررسی قرار گرفت؛ مشخص شد که در رژیمهای نوری مختلف، طول مرحله پیش‌زرده‌گیری و زرده‌گیری با منشاء داخلی تحت تاثیر عوامل محیطی است، اما مرحله زرده‌گیری با منشاء خارجی تحت کنترل ریتم‌های بیولوژیکی داخلی می‌باشد (۱۳). بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که فاکتور شوری آب (بعنوان یک عامل محیطی در کنار سایر عوامل ژنتیکی و بیولوژیکی) یک عامل تسریع کننده رشد مواد تناسلی در انواع نر و ماده ماهی قزل‌آلای رنگین کمان می‌باشد. علاوه براین، چون ماهی در این محیط به

اندازه کافی انرژی ذخیره شده جهت سنتز آتی و فعالیت اندوسیتوزی (زرده‌گیری با منشاء خارجی) را دارد، بنابراین قطر تخمکها نیز نسبت به قطر تخمکهای ماهیان پرورش یافته در آب شیرین کاهش نخواهد یافت.

- بلوغ و تکثیر مصنوعی:

مطالعات انجام گرفته قبلی حاکی از این بود که رشد سوماتیک و گنادیک ماهی قزل‌آلا در آب لب شور نسبت به آب شیرین بیشتر است و احتمالاً می‌توان مولدین مناسبتری را جهت تکثیر مصنوعی و تولید جمعیتهای سازگارتر و دارای رشد بیشتر در آب لب شور پرورش داد. سپس این پرسش مطرح گردید که آیا امکان رسیدگی کامل گامتهای جنسی و تکثیر مصنوعی مولدین قزل‌آلای پرورش یافته در شرایط آب لب شور وجود دارد؟ بنابراین مطالعه‌ای با هدف بررسی این موضوع انجام گرفت. برای این منظور در اسفند ماه تعداد ۲۵ عدد ماهی قزل‌آلای یکساله با وزن متوسط حدود ۴۵۰ گرم که از وزن حدود ۳۰ گرمی از مهر ماه در استخرهای خاکی ایستگاه بافق پرورش یافته بودند، بطور تصادفی انتخاب گردیدند و به حوضچه‌های ۳ تنی فایبرگلاس داخل سالن منتقل شدند. برای ادامه نگهداری و پرورش این ماهیها در طول بهار و تابستان سال بعد از آب سرد شده از طریق احداث یک آبسرد کن سنتی ابداعی سازگار با شرایط محیطی استفاده گردید. میانگین دمای آب در فصل بهار و تابستان بترتیب ۱۷ و ۱۹ درجه سانتیگراد بود. میانگین شوری آب نیز در این فصل بترتیب ۱۳/۵ و ۱۵ گرم در لیتر بود. با آغاز فصل پاییز و کاهش تدریجی دمای آب، فعالیت تغذیه‌ای ماهیها افزایش یافت و تا اواخر فصل پاییز ادامه پیدا کرد. برای تغذیه ماهیها از خوراک BFT استفاده شد. مقدار غذا در طول فصل بهار حدود ۰/۷ درصد، فصل تابستان ۰/۵ درصد و در فصل پاییز حدود ۱/۲ درصد زیتوده ماهیها بود. تا آخر تابستان تعداد ۸ عدد از ماهیها تلف شدند. از اواسط پاییز علائم بلوغ جنسی ماهیها ظاهر شد. اولین بررسی و معاینه در نیمه دوم دی ماه بر روی ۱۷ عدد ماهی باقیمانده انجام گرفت که براساس آن ۹ عدد از ماهیها ماده و ۸ عدد نر بودند. میانگین وزن ماده‌ها و نرها بترتیب ۱۱۷۰±۱/۴۱ و ۱۴۳۰±۲/۸۲ گرم و میانگین طول آنها بترتیب ۳۹/۳±۰/۴۲ و ۴۶/۶±۰/۲۶ سانتیمتر بود. طی سه مرحله معاینه بعدی در بهمن ماه مجموعاً ۵۳۷ گرم تخم از ۵ ماهی استحصال گردید. از ۴ عدد ماده دیگر ۳ عدد نارس و یک عدد در اثر آب آوردگی شکم تلف شدند. میانگین قطر تخمها ۴/۶ میلیمتر و هر گرم آنها شامل ۱۶/۷ تخم بود. بیشترین تخم استحصالی از یک ماهی مولد، مقدار ۲۱۳ گرم و کمترین آن ۵۷ گرم بود. تمام نرها دارای اسپرم سیال بودند و جمعاً طی سه مرحله معاینه حدود ۲۳۰ میلی‌لیتر اسپرم استحصال گردید. تخمهای استحصال شده در هر مرحله پس از لقاح با استفاده از انکوباتورهای کوچک آزمایشگاهی و آب شیرین سرد شده مورد انکوباسیون قرار گرفته و لاروهای حاصله تا وزن حدود ۳ گرم پرورش یافتند. میانگین لقاح حدود ۹۲ درصد، میانگین چشم‌زدگی ۶۵ درصد و میانگین تخم‌گشایی از کل تخمهای استحصالی حدود ۴۸ درصد بود. لاروهای حاصله از وزن حدود ۲۵۰ میلی‌گرمی با آب لب شور محل بخوبی سازگار شده و تا وزن حدود ۳ گرمی در حوضچه‌های آزمایشگاهی پرورش یافتند. میزان بازماندگی از مرحله جذب کیسه زرده تا وزن ۳ گرمی، بطور میانگین حدود ۸۵ درصد بود (۱۲).

این بررسی نشان داد آب لب شور مورد مطالعه محیط مناسبی برای رشد سوماتیک و گنادیک ماهی قزل‌آلا است و تقریباً تمام مولدین مورد بررسی ضمن داشتن وزن مناسب، در دو سالگی به بلوغ رسیدند. البته عواملی نظیر جوان بودن مولدین (بویژه ماده‌ها)، استفاده از آب شیرین شهری (که مصرف آن برای تفریخ تخمها مستلزم خنثی‌سازی کلر موجود در آب بود) و احتمالاً سایر عوامل دیگر باعث گردید، مقدار تخم نسبتاً کمی استحصال شده و همچنین بازماندگی نهایی آنها، کاهش چشمگیری داشته باشد. بنابراین بررسی دقیقتر این موضوع نیازمند انجام تحقیقات بیشتر می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

آبهای لب شور و شور داخلی کشور از پتانسیل بالقوه بالایی برای آبزی‌پروری برخوردارند. قزل‌آلای رنگین کمان یکی از گونه‌های مقاوم به شوری است و نتایج مطالعات حاضر نشان داد این ماهی قابلیت‌های زیادی برای توسعه پرورش ماهی در آبهای شور و لب شور داخلی دارد. آبهای شور زیرزمینی از نظر میزان و ترکیب املاح و همچنین دمای اولیه در زمان پمپاژ متناسب با شرایط جغرافیایی مناطق، متفاوت است. این موضوع از این نظر اهمیت دارد که به‌رغم مقاومت قزل‌آلا به شوری‌های مختلف، دمای آب، نقش تعیین‌کننده‌ای در نحوهٔ بهره‌برداری از آن برای پرورش این ماهی دارد. مطالعات انجام شده حاضر مبتنی بر استفاده از آبهای گرم و شور زیرزمینی است که عمدتاً در مناطق کم ارتفاع و دارای اقلیم گرم و خشک وجود دارد. نتایج این مطالعات راهکار مناسب و قابل قبولی را جهت بهره‌برداری از اینگونه منابع آبی برای پرورش قزل‌آلا مبتنی بر احداث استخرهای خاکی حداقل ۰/۲۵هکتاری و بهره‌برداری از آنها در ماههای سرد سال که معمولاً شامل فصول پاییز و زمستان می‌باشد، ارائه می‌کند. سیستم پرورش بصورت نیمه متراکم

(۱/۵-۱ عدد ماهی در مترمربع) و میزان تعویض آب حدود۱۰-۵ درصد حجم آب استخر در روز می‌باشد و توان تولید ۷-۵ تن در هکتار قزل‌آلا را در هر دوره پرورش دارا می‌باشد. برای افزایش تولید در استخرهای پرورش، می‌توان با حفظ تراکم مناسب از روشهای خاصی بهره گرفت. هرچند هوادهی بعنوان بخش مهمی از آبزی‌پروری تجاری مطرح است ولی نتایج بررسی‌ها نشان داد، بدلیل بهم خوردن رسوبات بستر و افزایش ذرات معلق و در نتیجه کاهش کیفیت آب، این روش از کارآیی قابل قبولی در استخرهای خاکی پرورش قزل‌آلا به روش نیمه متراکم برخوردار نیست. این در حالی است که بکارگیری تکنیک‌هایی مانند استفاده مجدد از پساب خروجی استخرهای خاکی از طریق احداث حوضچه‌های بتنی در قسمت خروجی جهت پرورش متراکم قزل‌آلا و همچنین ایجاد محیطهای محصور در استخرهای خاکی ۰/۵ هکتاری و بزرگتر با استفاده از دیواره توری، امکان افزایش تولید و بهره‌برداری از محیط پرورش را در حد قابل توجهی افزایش می‌دهد. بررسی برخی نیازهای اصلی غذایی قزل‌آلا شامل پروتئین، انرژی و چربی نشان داد که این نیازها در آب لب شور مورد مطالعه تفاوت خاصی با آب شیرین ندارد ضمن آنکه سطح پروتئین ۳۵ درصد و چربی ۲۰/۶ درصد بهترین رشد را در این ماهی ایجاد کرد. بعبارت دیگر خوراک‌های تجاری رایج در تغذیه قزل‌آلا، در شرایط آب لب شور از کارآیی بالایی برخوردارند. این مطالعات همچنین اثبات نمود که رشد سوماتیک و گنادیک قزل‌آلا در آب لب شور بیشتر از آب شیرین است. بنابراین اینگونه محیطهای آبی در صورت مدیریت دمای آب از اهمیت قابل توجهی برای پرورش گوشتی و همچنین تولید پیش مولدین قزل‌آلا برخوردارند و ممکن است علاوه بر استفاده برای پرورش، بعنوان محیطهای حد واسط برای ایجاد گله‌های مولد مورد بهره‌برداری قرار گیرند.

بطورکلی مزایا و پیامدهای تحقیقات انجام شده را می‌توان بشرح زیر خلاصه کرد:

۱- توسعه آبزی‌پروری در آبهای داخلی کشور، بویژه در مناطق مرکزی.

۲- بهره‌برداری اقتصادی از آبهای لب شور بعنوان منابع آبی غیر قابل مصرف در کشاورزی، صنعت و غیره.

۳- تولید گوشت ماهی قزل‌آلا، با توجه به تقاضای روزافزون بازار داخلی و ارزش اقتصادی بسیار بالای آن.

۴- امکان توسعه صادرات غیرنفتی و ایجاد درآمد ارزی.

۵- ایجاد اشتغال در مناطق کمتر توسعه یافته و جلوگیری از مهاجرت.

۶- افزایش مصرف سرانه ماهی در مناطق تولید و کمک به بهبود تغذیه مردم.

بنابراین می‌توان اذعان نمود که منابع آبهای لب شور زیرزمینی کشور از قابلیت بالایی برای آبزی‌پروری ماهیان سردآبی برخوردار است و هر چند تحقیقات انجام شده راهکارهایی جهت استفاده از این منابع برای پرورش قزل‌آلا ارائه کرده است ولی بهره‌برداری بهینه و علمی همراه با سود اقتصادی و درآمدزایی، نیازمند تحقیقات بیشتری در این زمینه می‌باشد.

منابع

۱ - فلاحتی مروست، ع. ؛ مجازی امیری، ب. ؛ علیزاده، م. و ابطحی، ب. ، ۱۳۸۲. مقایسه روند توسعه غدد جنسی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus myksis*) در آب لب شور و شیرین. مجله علوم دریائی، شماره ۵.، صفحات ۴۷ تا ۵۸.

۲- علیزاده، م. ، ۱۳۷۵. پرورش قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus myksis*) در استخرهای خاکی با استفاده از آبهای شور زیرزمینی. نشریه ترویجی معاونت تکثیر و پرورش شیلات ایران، صفحات ۱۳ تا ۱۵.

۳- علیزاده، م. ، ۱۳۷۹. روابط متقابل سطوح مختلف پروتئین و انرژی جیره غذایی بر قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus myksis*) در آب لب شور. پایان‌نامه دکتری تخصصی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران. ۱۰۲ صفحه.

۴- علیزاده، م. ؛ رجبی‌پور، ف. و سرسنگی، ح. ، ۱۳۸۴. افزایش تولید در استخرهای خاکی پرورش قزل‌آلا از طریق استفاده مجدد از پساب خروجی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۳۸ صفحه.

۵- علیزاده، م. ؛ بیطرف، ا. ؛ سرسنگی، ح. ؛ محمدی، م. ؛ مشایی، ن. و رجبی‌پور،ف. ، ۱۳۸۸. بهبود بهره‌وری و عملکرد تولید در استخرهای خاکی آب لب شور پرورش قزل‌آلا از طریق ایجاد محیط محصور (**net pen**) و افزایش دوره نوری. گزارش نهائی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۳۷ صفحه.

۶- مشائی، ن. ؛ علیزاده، م. ؛ رجبی‌پور، ف. و سرسنگی، ح. ، ۱۳۸۳. بررسی لیمنولوژیک استخرهای خاکی آب لب شور پرورش قزل‌آلا در منطقه بافق یزد. گزارش نهائی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۲۰ صفحه.

۷- نفیسی، م. ؛ شریفیان، م. ؛ آخوندی، ع. ؛ علیزاده، م. ؛ خدارحمی، ر. و سرسنگی، ح. ، ۱۳۸۳. افزایش تولید

در استخرهای خاکی پرورش قزل‌آلا با استفاده از روشهای هوادهی در منطقه بافق یزد. گزارش نهائی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات شیلات ایران،۴۲ صفحه.

۸- **نفیسی،م. ؛ شریفیان،م. و دهموبد، د. ، ۱۳۸۱.** پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در استخرهای خاکی آب لب شور در استان یزد. گزارش نهائی پروژه تحقیقاتی موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۴۵ صفحه.

۹- **Abdalla, A.F. and Romaire, R.P., ۱۹۹۶**. Effects of timing and duration of aeration on water quality and production of channel catfish. Journal of Applied Aquaculture, Vol. ۶, No. ۱, pp.۱-۹.

۱۰- **Albrektsen, S. and Torrissen, O.J., ۱۹۸۸.** Physiological changes in blood and seminal plasma during the spawning period of maturation rainbow trout held under different temperature and salinity regimes and the effect on survival of the brood stock and the eyed eggs. Inter. Council. Exp. Sea, pp.۱-۲۴.

۱۱- **Aleksandrova, K. and Manolov, Zh., ۱۹۷۷.** First attempts to pen-rearing rainbow trout in seawater. Varna-Proc. Inst. Fish. Varna ۱۹۷۷, pp.۲۵-۳۴.

۱۲- **Alizadeh, M., ۲۰۰۸.** Cultured breeders of rainbow trout in brackish water, Bafgh, Yazd. IFRO newsletter, No. ۵۴ & ۵۵, Spring & Summer, ۲۰۰۸.

۱۳- **Bon, E., Corraze, G., Kaushik, S. and Le Menn, F., ۱۹۹۷.** Effect of accelerated regimes on the reproductive cycle of the female rainbow trout: Seasonal variation of plasma lipids correlated with vitelogenesis; comp; biochem. Physiol, Vol. ۱۱۸A, No. ۱, pp.۱۸۳-۱۹۰.

۱۴- **Boyd, C.E., ۱۹۹۷.** Advanced in pond aeration. Infofish Int., ۲:۲۴-۲۸.

۱۵- **Braaten, R.O. and Flaherty, M., ۲۰۰۲.** Salt balances of inland shrimp ponds in Thailand: Implications for land and water salinization. Environ. Conserv. ۲۸:۳۵۷-۳۶۷.

۱۶- **Beresford, Q., Bekle, H., Phillips, H. and Mulcock, J., ۲۰۰۱.** The Salinity Crisis-Landscapes, Communities and Politics. University of Western Australia Press, Perth, ۳۲۴P.

۱۷- **Bromage, N., Sheilds, R., Gillespie, M. and Johnsyone, R., ۱۹۹۳.** UK mariculture: Experiences and prospects. Conference of Marine Fish Culture and Enhancement, Seattle, USA, ۴-۶ October, ۱۹۹۳.

۱۸- **Chadwick, E.M.P., Randall, R.G. and Leger, C., ۱۹۸۶.** Ovarian development of Atlantic salmon, *salmo salar* Smolts and age at first maturity. *In*: Meerburg D.J. (Ed), Salmonid age maturity, Can. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci. ۸۹:۱۵-۲۳.

۱۹- **Cho, C.Y. and Slinger, S.I., ۱۹۷۸.** Effect of ambient temperature of the protein requirements of rainbow trout. pp.۲۴-۳۵. In ۱۹۷۷ Annul report.

۲۰- **Cowey, C.B., ۱۹۸۹.** The present status and problems of world aquaculture with special reference to fish feed. Aquaculture in the U.K. Book Conference Symposium on Nutrition of Fish (۱۹۹۰), pp.۱۳-۲۵.

۲۱- **Dijkema, R. and Wilde, J.W., ۱۹۸۰.** Culture of fish in the sea, changes for a new branch of aquaculture in our county, J. Visserij, Vol. ۳۳, No. ۱, pp.۳-۲۳.

۲۲- **Doupé, R.G., Alder, J. and Lymbery, A.J., ۱۹۹۹.** Environmental and product quality in finfish aquaculture development: An example from inland western Australia. Aquac. Res., ۳۰:۵۹۵-۶۰۲.

۲۳- **Doupé, R.G., Lymbery, A.J. and Starcevich, M.R., ۲۰۰۳a.** Rethinking the land: The development of inland saline aquaculture in western Australia. Int. J. Agric. Sustainable. ۱:۳۰-۳۷.

۲۴- **Finstad, B., Staurnes, M. and Reite, O.B., ۱۹۸۸.** Effect of low temperature on sea-water tolerance in rainbow trout, *Salmo gairdneri.* Aquaculture, ۷۲:۳۱۹-۳۲۸.

۲۵- **Ford, R.J., ۱۹۸۴.** Norwegian salmon and trout farming. Marin fish Review. Vol. ۴۶, No. ۳, pp.۴۴-۴۷.

٢٦- **Ghassemi, F., Jakeman, A.J. and Nix, H.A., ١٩٩٥.** Salinisation of land and water resources: Human causes, extent, management and case studies. University of New South Wales Press, Sydney, ٥٢٦P.

٢٧- **Glebe, B.D. and Saunders, R.L., ١٩٨٦.** Genetic factors in sexual maturity of cultured Atlantic salmon, *salmo salar* parr and adults reared in sea cages. *In*: Meerburg, D.J. (ed.), Salmonid age at maturity. Can. Spec. Pulb. Fish. Aqua. Sci., ٨٩:٢٤-٢٩.

٢٨- **Harache, Y., ١٩٨٠.** Intensive culture of salmonidae in the marine environment. Book Conference (Aquaculture System and Technology). Vol. ١, ٦P.

٢٩- **Hoffman, E., ١٩٨١.** Marine aquaculture in Denmark**.** Journal of World Mariculture Society, Vol. ١٢, No. ٢, pp.٣-٨.

٣٠- **Iwama, G.K., ١٩٩٦.** Growth of salmonids. *In*: Principles of Salmonid culture (W. Pennell & B.A. Barton eds.), Amsterdam, Elsevier. pp.٤٦٧-٥١٦.

٣١- **Johnsson, J.I., Clarke, W.C. and Blackburn, J., ١٩٩٤.** Hybridization with domesticated rainbow trout reduces seasonal variation in seawater adaptability of steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, ١٢١:٧٣-٩٩.

٣٢- **Kaushik, S.I., ١٩٧٧.** Influence de la salinite sur le metabolisme azole et le besoin en arginine chez la truit arc-en-ciel. ٢٣٠P.

٣٣- **Lambers, H., ٢٠٠٣.** Dryland salinity: A key environmental issue in southern Australia. Plant Soil, ٢٠٠٢٥٧(٢):٥-٧.

٣٤- **Martinez, Cordova, L.R., Porchas, Cornejo, M.A., Villarrial, Colmenares, H. and Calderon, Perez, J.A. ١٩٩٨.** Winter culture of yellow leg shrimp (*Penaeuse californiensis*) in aerated ponds with low water exchange. Journal of the World Aquaculture Society, Vol. ٢٩, No. ١, pp.١٢٠-١٢٤.

٣٥- **Murai, T., ١٩٩٢.** Protein nutrition of rainbow trout. National Research Institute of Fisheries Science. Japan. Aquaculture, ١٠٠:١٩١-٢٠٧.

٣٦- **Philis, M.J., ١٩٨٥.** Behavior of rainbow trout in marine cages. Aquaculture Fish Management. Vol. ١٦, No ٣, pp.٢٢٣-٢٣١.

٣٧- **Ritter, J.A., Farmer, G.J., Farmer, G.J., Misera, P.K., Goff, T.R., Bailey, J.K., Baum, E.T., ١٩٨٨.** Parental influences and smolt size and sex ratio effects on sea cage at first maturity of Atlantic salmon, *salmo salar*. *In*: Meerburg, D.J. (Ed), Salmonid age at maturity. Can. Spec. Pulb. Fish. Aqua. Sci., ٨٩:٢٠-٣٨.

٣٨- **Saunders, R.l., ١٩٩١.** Salmonid mariculture in Atlantic Canada and Maine, USA. Special session on salmonid aquaculture. World Aquaculture Society, No. ١٨٣١, pp.٢١-٣٩.

٣٩- **Shen, A.C.Y. and Leatherland, J.F., ١٩٧٨.** Effect of ambient salinity on ionice and osmotic regulation of eggs, larvae and aleviness of rainbow trout (*salmo gairdineri*). Can. Jour. Zoology, ٥٦(٤ part ١),٥٧١-٥٧٧.

٤٠- **Sottovia, J.L., ١٩٨٣.** Trout culture in marine waters. Ph.D. thesis. ١٢٢P.

٤١- **Starcevich, M.R., Lymbery, A.J. and Doupé, R.G., ٢٠٠٢.** Potential environmental impacts from farming rainbow trout using inland saline water in western Australia. Australas. J. Environ. Manag, ١٠:١٥-٢٤.

٤٢- **Takeuchi, T., Watanabe, T. and Ogino, C., ١٩٧٨a.** Optimum ratio of protein to lipid in diet of rainbow trout. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., ٤٤:٦٨٥-٦٨٨.

٤٣- **Thrope, J.E., ١٩٨٦.** Age at first maturity in Atlantic salmon, *salmo salar* fresh water period influences and conflicts with smolting. *In*: (D.J. Meerburg ed), Salmonid age at maturity. Can. Spec. Pulb. Fish. Aqua. Sci., ٨٩:٧-١٤.

٤٤- **Tsintsadze, Z.A., ١٩٩١.** Adaptional capabilities of various size age groups of rainbow trout in relation to gradual changes of salinity. J. Ichthyology, Vol. ٣١, No. ٢, pp.٣١-٣٨.

٤٥- **Wilson, R.P., ١٩٩٤.** Utilization of dietary carbohydrate by fish. Aquaculture, ١٢٤:٢٧٢-٨٠٠.

A review on research achievements of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) aquaculture in inland brackish water in central area of Iran

• **Morteza Alizadeh:** Inland Saline Waters Aquaculture Research Center, P.O.Box:: ۸۹۷۱۵-۱۱۲۳ Bafgh, Iran

Received: July ۲۰۰۹ Accepted: October ۲۰۰۹

Keywords: Inland water, Rainbow trout, Underground brackish water

Abstract

Inland brackish aquaculture may offer an opportunity for income diversification and a potentially productive use of land that can no longer support traditional agriculture in salt-affected parts of inland production and investment levels are characteristically low. It may also provide a means of defraying all or part of the cost of surface and subsurface water management systems. It seems inland brackish aquaculture will be an essential component of salinity management in the future, because unlike many other adaptation strategies, it can be effectively integrated with engineering solutions to treat salinised land. This activity needs to develop in a manner that both prevents the further degradation of agricultural land and provides opportunities for an alternative and sustained economic base for dependent rural communities. Most central areas of Iran are rich in saline water resources with different salinities (۵-۴۰g/l). Applying these resources for aquaculture production is a potential adaptive use, although it maybe limited by some factors especially strict environmental conditions. The limitations, have led to the logical progression of investigating the suitability of these resources for aquaculture. So, regarding to well adaptation of rainbow trout to rapid changes in salinity and profitability of its production in state of Iran, this species promoted as potential candidate for aquaculture in these regions. After feasibility studies, supplementary researches carried out during recent decade in Inland Saline Water Aquaculture Research Center, Bafgh, Iran. According to the results, rainbow trout well adapted to underground brackish well water (in salinity ۱۴g/l) without any mortality and growth performance was desired. It was also introduced the earth pond as culturing system for rainbow trout through semi-intensive method during cold seasons when the cool weather provide a suitable conditions in cultivating ponds. Investigations on increasing production methods in selected system indicated that reusing wastewater and establishing net pen in pond are the effective ways than aeration by submerged and surface aerators. Study on protein and energy requirements of rainbow trout in this medium showed the best growth was obtained by fishes fed by ۴۵% protein and ۴۲۵۰kcal/kg digestible energy levels. Considering some gonadic and somatic indices of rainbow trout in the research station demonstrated that body growth and gonad development were faster than fresh water, as well as maturation speed was quicker too. Findings of this paper demonstrated that by using appropriate semi-annual production system, rainbow trout farming in brackish water is a profitable method to develop inland aquaculture industry in Iran.

*Author's email: m_alizadeh۴۷@yahoo.com