روند تغییرات فصلی برخی شاخص‌های فیزیولوژیک بچه ماهیان آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) در آب شیرین و لب شور

کوروش سروی مغانلو[1]، محمدرضا کلباسی[1]* و باقر مجازی امیری[2]

[1] گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، ایران

[2] گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ١٣٩٠/٢/٨- تاریخ تصویب: ١٣٩٠/١٢/٢٧)

چکیده

در این تحقیق به منظور تعیین اندازه و زمان مناسب رهاسازی بچه ماهیان آزاد دریای خزر، روند تغییرات فصلی برخی شاخص‌های بیومتری و فیزیولوژیک در شرایط کارگاه کلاردشت مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا نمونه‌برداری از بچه ماهیان یک تابستانه تا بچه ماهی دو تابستانه به صورت دو نوبت در هر فصل انجام شد. روند تغییرات طول، وزن و ضریب چاقی، همچنین سطوح یون‌ها،اسمولالیته، هورمون‌های تیروئیدی (T_4, T_3) و کورتیزول پلاسمای خون در آب شیرین و بعد از انتقال ماهیان به آب لب شور دریای خزر مورد سنجش قرار گرفت. بر اساس نتایج بدست آمده وزن و طول بچه ماهیان به ترتیب از ٨ گرم و ٩/٢ سانتی‌متر در فصل پائیز به ٣٥/٣ گرم و ١۴/٩ سانتی‌متر در فصل تابستان افزایش یافت ($p<٠/٠٥$).. تفاوت معنی‌داری در غلظت یون‌ها و اسمولالیته پلاسما طی فصول مختلف در آب شیرین مشاهده نشد، ولی بعد از انتقال ماهیان به آب دریای خزر سطوح یون‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت. کمترین سطوح هورمون T_3 در فصل پائیز و بیشترین آن در تابستان مشاهده شد و تفاوت بین این دو فصل معنی‌داری بود ($p<٠/٠٥$). هورمون T_4 نیز به بالاترین سطح خود در فصل بهار رسید و با فصل پائیز تفاوت معنی‌داری داشت و فقط در فصل پائیز بین آب شیرین و لب شور تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. سطوح هورمون کورتیزول نیز تفاوت معنی‌داری بین فصول و آب شیرین و لب شور نداشت ولی کمترین و بالاترین میزان هورمون کورتیزول به ترتیب در بهار و پائیز ثبت گردید. . بر اساس نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد بچه آزاد ماهیان دریای خزر با وزن ٢٠/٩ گرم و طول ١٢/٩ سانتی‌متر طی فصل بهار از مناسب‌ترین وضعیت فیزیولوژیک برای رهاسازی برخوردار هستند.

واژه‌های کلیدی: زمان رهاسازی، آب شیرین و لب شور، اسمولالیته، یون‌ها، هورمون‌ها، ماهی آزاد دریای خزر

* نویسنده مسئول تلفن: ٠١٢٢-٦٢٥٣١٠١ فاکس: ٠١٢٢-٦٢٥٣۴٩٩ E-mail: kalbassi_m@modares.ac.ir

مقدمه

ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) یکی از ماهیان با ارزش، اقتصادی و در معرض خطر انقراض دریای خزر می‌باشد که جهت تخم‌ریزی به آب شیرین مهاجرت می‌کند. نسل این ماهی به دلایل مختلف به شدت کاهش یافته است و مطالعات انجام گرفته نشان می‌دهد ضریب بقاء این ماهی ۰/۴ ٪ می‌باشد (Sayyad Bourani *et al*., 2005). لذا به منظور حفظ و بازسازی ذخایر ماهی آزاد دریای خزر، شیلات ایران اقدام به تکثیر مصنوعی و رهاسازی آن به رودخانه‌های منتهی به دریای خزر نموده است. بچه ماهیان دوره اسمولت شدن (تبدیل بچه ماهی پار به اسمولت) را که معمولاً با یکسری تغییرات ظاهری و داخلی همراه است در آب شیرین طی کرده سپس به دریا مهاجرت می‌کنند (Boeuf, 1993). مطالعات انجام شده نشان داده است که اسمولتیفیکاسیون در بیشتر آزاد ماهیان در فصل بهار همزمان با افزایش طول روز و درجه حرارت آب اتفاق می‌افتد (McCormick *et al*., 1995; Hoar, 1988). در مورد ماهی آزاد اقیانوس اطلس، بچه ماهیانی که در زمستان به اندازه حدود ۱۲cm می‌رسند در بهار بعدی اسمولت می‌شوند (Shrimpton and McCormick, 1998; McCormick *et al*., 2007). مطالعات انجام شده در مورد Sea trout نیز نشان داده است این ماهی در اندازه ۱۸ سانتی‌متری و در طول فصل بهار اسمولت می‌شوند (Finstad and Ugedal, 1998). ماهی آزاد چار (*Salvelinus alpinus*) نیز در اواخر بهار به سمت پایین دست رودخانه‌ها مهاجرت می‌کند (Johnsen *et al*., 2000). اگرچه تحقیقاتی در خصوص وزن مناسب رهاسازی ماهی آزاد دریای خزر گزارش شده است (Bahramian, 1997; Sayyad Bourani *et al*., 2005; Ataimehr *et al*., 2006; Mohammadrezaei, 2006)، ولی این مطالعات اغلب در دوره‌های کوتاه مدت ۱۰ روزه و گاهی اوقات در شرایط خاص محیطی و دور از شرایط طبیعی کارگاه کلاردشت انجام گرفته است و اطلاعات دقیقی در مورد روند سالانه تغییرات فیزیولوژیک در طی دوره تبدیل بچه ماهیان پار به اسمولت، وجود ندارد و در حال حاضر رهاسازی این ماهی دو بار در سال (بهار و پائیز) انجام می‌گیرد.

آزاد ماهیان در طی دوره اسمولت شدن متحمل تغییرات گسترده‌ای می‌شوند و پارامترهای مختلف از قبیل سطوح یون‌های تک ظرفیتی و دو ظرفیتی و هورمون‌ها در پلاسما، تغییرات ساختاری و فراساختار سلول‌های کلراید در آبشش برای بررسی این تغییرات مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا در تحقیق حاضر به منظور تعیین اندازه و زمان مناسب رهاسازی بچه ماهیان آزاد دریای خزر با انجام نمونه‌برداری‌های منظم در طول یک سال روند تغییرات برخی پارامترهای فیزیولوژیک در طی تبدیل بچه ماهی یک تابستانه به دوتابستانه و در آب شیرین و بعد از انتقال ماهیان به آب لب شور دریای خزر مورد بررسی قرار گرفت تا گامی در جهت بازسازی صحیح ذخائر این گونه برداشته شود.

مواد و روش‌ها

محل انجام تحقیق

این پروژه در کارگاه شهید باهنر کلاردشت انجام گرفت که آب مورد نیاز این کارگاه از دو منبع رودخانه با دبی ورودی در فصول مختلف بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ لیتر در ثانیه و یک منبع چشمه مجاور کارگاه با دبی ۵۰ لیتر در ثانیه تأمین می‌گردد و دمای آب رودخانه بین صفر تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد و دمای آب چشمه بین ۱۱ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد متغیر است.

روش انجام تحقیق

این تحقیق از ماه آذر ۱۳۸۷ با نمونه‌برداری از بچه ماهیان پار (بچه ماهیانی که از مولدین صید شده از رودخانه تنکابن حاصل شده و یک تابستان را گذرانده‌اند و اندازه‌ای در حدود cm ۱۰-۹ و وزنی حدود ۸-۷ گرم دارند) موجود در کارگاه کلاردشت، شروع گردید. بچه ماهیان در داخل حوضچه‌های بتونی به ابعاد ۲/۵×۲/۵ متر، تحت شرایط محیطی کارگاه با تراکم ۳۰۰۰ قطعه و با جیره غذایی مشابه کارگاه (غذای شرکت بهپرور) پرورش یافتند. پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب از قبیل دما، اکسیژن، pH به طور مداوم ثبت شد. سپس

نمونه‌برداری به صورت ۲ بار در هر فصل تا آبان سال ۱۳۸۸ یعنی تا زمانی که بچه ماهیان دو تابستان را سپری نمودند ادامه یافت. در هر نمونه‌برداری تعداد ۲۰ قطعه بچه ماهی به طور تصادفی از دو حوضچه صید و بعد از بیهوشی با عصاره گل میخک (دوز ۱۵۰ppm) ابتدا وزن ماهی‌ها با دقت ۰/۱ گرم و طول چنگالی با دقت ۰/۱ cm اندازه‌گیری شده و ضریب چاقی (Condition Factor) با فرمول زیر محاسبه شد (Sigholt *et al*., 1995):

$$\text{ضریب چاقی} = \frac{\text{وزن (گرم)}}{\text{طول}^3\text{(سانتی متر)}}$$

خونگیری از ماهیان نیز پس از خشک نمودن بدن، با قطع ساقه دمی و با استفاده از لوله مویینه هپارینه صورت گرفت. پلاسمای خون با استفاده از سانتریفیوژ (۴۰۰۰ دور به مدت ۵ دقیقه) جداسازی و در فریزر $-80^{\circ}C$ جهت اندازه‌گیری پارامترهای یونی شامل سدیم، پتاسیم، کلر، کلسیم، منیزیم و هورمونی شامل کورتیزول، T_3 و T_4 نگهداری گردید. همزمان با نمونه‌برداری از آب شیرین به منظور سنجش توانایی تحمل شوری، بچه ماهیان تحت تیمار آب لب شور نیز قرار گرفتند. بدین منظور ابتدا آب لب شور دریای خزر با استفاده از تانکرهای آب از دریا به کارگاه کلاردشت منتقل گردید، سپس تعداد ۲۰ قطعه بچه ماهی به مخازن ۲۰۰ لیتری حاوی آب لب شور دریای خزر منتقل شده به مدت ۱۲۰ ساعت همراه با هوادهی مداوم در آن باقی ماندند[1] و بعد از این مدت پلاسما مشابه قبل جداسازی و نگهداری شد.

سنجش یون‌ها

جهت اندازه‌گیری یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم از دستگاه فلیم فتومتر و کیت های شرکت پارس آزمون ساخت ایران استفاده گردید. برای اندازه‌گیری ابتدا دستگاه با محلول استاندارد (سدیم ۱۴۰ meq/l، پتاسیم ۵ meq/l، منیزیم ۳/۹۵ mg/dl و کلسیم ۸mg/dl) کالیبره شده و سپس ۵۰ میکرولیتر از پلاسما به نسبت $\frac{1}{200}$ رقیق و مقادیر این یون‌ها در پلاسما اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری کلر از روش رنگ‌سنجی با استفاده از کیت زیست شیمی ساخت ایران استفاده گردید. در این روش نیز از یک محلول استاندارد به غلظت ۱۰µl و یک محلول هدف (RGT) استفاده و بر اساس شدت جذب، غلظت کلر موجود در نمونه تعیین شد.جهت انجام این تست میزان ۱۰ میکرولیتر پلاسما استفاده گردید. اسمولالیته نیز با استفاده از اسمومتر مدل .Nr. 9610003) (Type: 13 ساخت شرکت Roebling آلمان اندازه‌گیری شد (Mohammadrezaei, 2006).

سنجش هورمون‌ها

هورمون‌ها به روش ELISA و با استفاده از کیت‌های تشخیصی Diagnostics Biochem ساخت کشور کانادا در طول موج ۴۵۰ nm با دستگاه (BIOTECH, USA) اندازه‌گیری شد. در این تست‌ها برای هر کدام از هورمون‌ها از ۵ محلول استاندارد با غلظت‌های متفاوت استفاده گردید. هورمون‌ها در آزمایشگاه هورمون شناسی مرکز تحقیقات غدد درون‌ریز دانشگاه شهید بهشتی اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون Kolomogorov-Smirnov و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. سپس از آزمون آنالیز واریانس دو طرفه (Two-way ANOVA) برای بررسی اثر زمان نمونه‌برداری و آب شیرین و لب شور بر پارامترهای اندازه‌گیری شده استفاده شد. برای تعیین وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در صورت همگنی واریانس‌ها از آزمون توکی استفاده شد. سطح معنی‌داری در آزمون‌های بالا، ۵ درصد بود.

نتایج

نتایج زیست سنجی بچه ماهیان

نتایج حاصل از زیست سنجی که در جدول ۱ آورده شده است نشان داد وزن و طول بچه ماهیان در ابتدای نمونه‌برداری در فصل پائیز به طور متوسط ۸ گرم و ۹/۲

1. Sea water challenge test

سانتی‌متر بود که با توجه به پائین بودن دما در فصل زمستان افزایش زیادی در این فصل مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$)، ولی با افزایش دما در فصول بهار و تابستان افزایش چشمگیری در وزن و طول مشاهده شد ($p<۰/۰۵$) و به ترتیب به ۲۰/۹ گرم و۱۲/۹ سانتی‌متر در بهار و ۳۵/۳ گرم و ۱۴/۹ سانتی‌متر در تابستان رسید. بیشترین ضریب چاقی نیز در فصل پائیز مشاهده شد و به تدریج کاهش یافته و به کمتر از ۱ در بهار رسید و دوباره در فصل تابستان افزایش یافت به طوری که تفاوت بین فصل بهار با فصول پاییز و تابستان معنی‌دار بود.

جدول (۱) نتایج بیومتری ماهیان در نمونه‌برداری های مختلف که به صورت (خطای استاندارد ± میانگین) نشان داده شده است.

زمان نمونه‌برداری	میانگین وزن (گرم)	میانگین طول چنگالی (سانتی‌متر)	ضریب چاقی
پائیز	$۸ \pm ۰/۶^{a}$	$۹/۲ \pm ۰/۱^{a}$	$۱/۰۳ \pm ۰/۰۰۷^{a}$
زمستان	$۹/۴ \pm ۰/۱^{a}$	$۹/۷ \pm ۰/۱^{a}$	$۱/۰۱ \pm ۰/۰۰۸^{ab}$
بهار	$۲۰/۹ \pm ۰/۳^{b}$	$۱۲/۹ \pm ۰/۱^{b}$	$۰/۹۸ \pm ۰/۰۰۸^{b}$
تابستان	$۳۵/۳ \pm ۱/۶^{c}$	$۱۴/۹ \pm ۰/۲^{c}$	$۱/۰۲ \pm ۰/۲۶^{a}$

یون‌ها

نتایج حاصل از سنجش یون‌ها و اسمولالیته که در جدول ۲ آورده شده است، نشان داد مقادیر همه یون‌ها در آب شیرین تغییر خیلی زیادی را نشان نداده و تفاوت معنی‌داری در بین فصول مختلف مشاهده نشد ولی بعد از انتقال بچه ماهیان به دریای خزر افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقادیر یون‌ها مشاهده شد که این افزایش در مورد یون سدیم و منیزیم در تمام فصول به استثنای فصل بهار معنی‌دار بود. افزایش یون کلر نیز در زمستان، بهار و تابستان معنی‌دار نبود) ولی در فصل پائیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. افزایش مقادیر یون‌های پتاسیم و کلسیم بعد از انتقال بچه ماهیان به دریای خزر نیز در هیچ کدام از فصل‌ها معنی‌دار نبود. اسمولایته خون در دامنه ای بین ۳۲۹-۳۰۲ میلی اسمول در لیتر اندازه‌گیری شد و در آب شیرین تفاوت معنی‌داری در مقادیر اسمولالیته بین فصول مختلف مشاهده نشد. بعد از انتقال بچه ماهیان به دریای خزر افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقادیر اسمولالیته وجود دارد که این افزایش در تمام فصول به استثنای فصل بهار معنی‌دار بود.

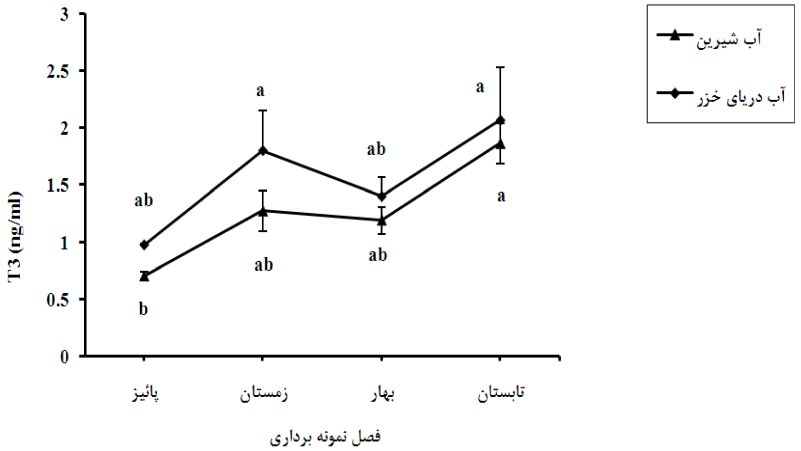
هورمون‌ها

روند تغییرات هورمون‌های T_3، T_4 و کورتیزول پلاسما در فصول مختلف و در محیط‌های آب شیرین و لب شور دریای خزر در نمودارهای ۳-۱ نشان داده شده است. در آب شیرین کمترین غلظت T_3 در فصل پائیز و به مقدار ۰/۷ نانوگرم بر میلی‌لیتر بود و مقدار آن به ترتیب به ۱/۳ در زمستان، ۱/۲ در بهار و ۱/۹ نانوگرم بر میلی‌لیتر در تابستان افزایش یافت که تفاوت موجود بین فصول پائیز و تابستان معنی‌دار بود. بعد از انتقال بچه ماهیان به دریای خزر سطوح هورمون افزایش یافت ولی این تفاوت در هیچکدام از فصل‌ها معنی‌دار نبود. کمترین غلظت هورمون T_4 نیز در فصل پائیز و به مقدار ۸/۳ نانوگرم بر میلی‌لیتر بود که به تدریج در سایر فصل‌ها به‌صورت معنی‌داری افزایش یافته و به بالاترین سطح در فصل بهار (۱۱/۱ نانوگرم بر میلی‌لیتر) رسیده است. بعد از انتقال بچه ماهیان به دریای خزر سطوح هورمون افزایش یافت ولی این افزایش در هیچکدام از فصل‌ها به استثنای فصل پائیز معنی‌دار نبود.

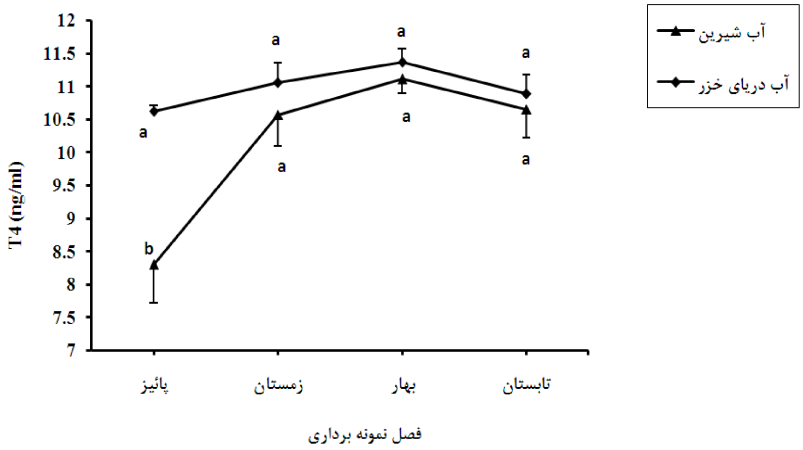
در محیط آب شیرین، بالاترین مقدار هورمون کورتیزول به مقدار ۱۲۲/۷ نانوگرم بر میلی‌لیتر در فصل پائیز مشاهده شد که به تدریج کاهش یافته و به کمترین سطح در فصل بهار حدود ۸۰/۱ نانوگرم بر میلی‌لیتر رسیده مجدداً در فصل تابستان افزایش پیدا کرد، ولی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین فصول مختلف وجود نداشت. همچنین سطوح هورمون بعد از انتقال بچه ماهیان به آب لب شور افزایش یافت ولی این افزایش در هیچکدام از فصل‌ها معنی‌دار نبود.

جدول (٢) سطوح یون‌ها و اسمولالیته پلاسمای خون بچه ماهیان (خطای استاندارد ± میانگین) در فصول مختلف و در محیط‌های آب شیرین و لب شور دریای خزر. در سطرها اعدادی که دارای حروف مشابه هستند در سطح ٥ درصد تفاوت معنی‌داری با همدیگر ندارند.

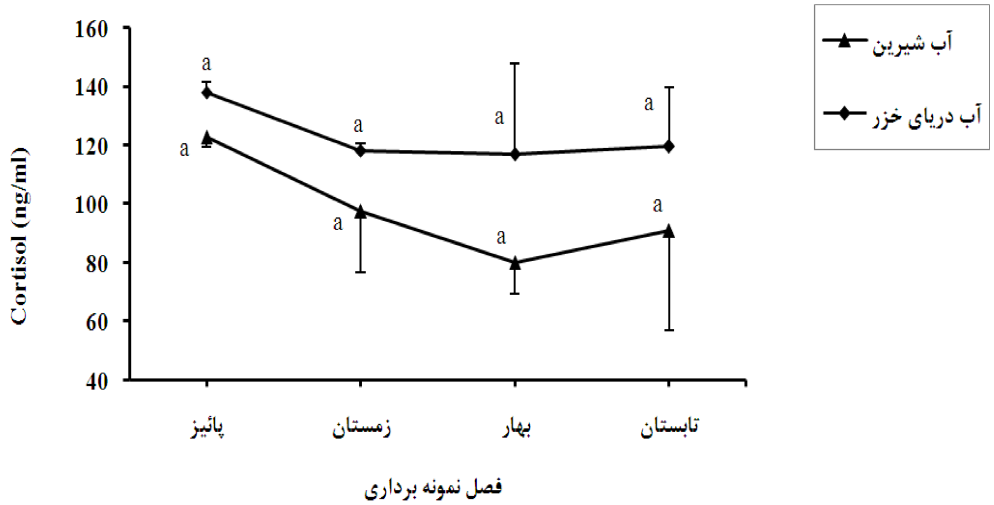
پارامتر سنجیده شده	شوری / زمان نمونه‌برداری	پائیز	زمستان	بهار	تابستان
Na^{+} (mEq/l)	آب شیرین	١۴٨/۴± ٠/۴^{c}	١۵١/۴± ٠/٧ ^{c}	١۴٧/١± ١/٢ ^{c}	١۵٠/۵ ± ٢/٧ ^{c}
	آب لب شور	١۵٧/٨± ٠/١^{ab}	١۵٨/۴± ٠/۵^{ab}	١۵٢/٩±١/١^{bc}	١۵٩/۵ ± ١/٨ ^{a}
Cl^{-}(mmol/l)	آب شیرین	١۴۶/۶± ١/٩ ^{b}	١۴٩/٧ ± ٠/٢ ^{ab}	١۴٩/١ ± ٠/٣ ^{ab}	١۵٠ ± /۵ ^{ab}
	آب لب شور	١۵١/٩ ± ٠/٣ ^{a}	١۵٢/۴ ± ١/١ ^{a}	١۵٠/٩ ± ٠/۴ ^{a}	١۵٢/٧ ± /٨ ^{a}
K^{+} (mEq/l)	آب شیرین	١ ± ٠/٠٩ ^{c}	١/٣٣ ± /٠۶ ^{abc}	^{bc}٠/١٣ ± ١/٢٣	١/٨± ٠/٢٧^{abc}
	آب لب شور	١/١۵± /٠۶ ^{c}	١/٨±٠/١٨ ^{abc}	٢/٠۵± ٠/٢٣^{ab}	٢/١٣±٠/٣١ ^{a}
Ca^{2+}(mmol/l)	آب شیرین	١/۴۴± /٠۵ ^{c}	١/۴٧± ٠/٠۴^{abc}	١/۶٢±٠/٠۵ ^{abc}	١/۵٧±٠/٠٢ ^{abc}
	آب لب شور	١/۵١±٠/٠٢ ^{bc}	١/۵۵±٠/٠٢^{abc}	١/۶٣±٠/٠۴ ^{ab}	١/٧١±٠/٠۵^{ab}
Mg^{2+}(mmol/L)	آب شیرین	١/٣٣± ٠/٠١^{de}	١/۴۵±٠/٠٧ ^{de}	١/۶٢±٠/٠٢^{bcd}	١/۶±٠/٠۴ ^{cd}
	آب لب شور	١/٨±٠/٠٢ ^{a}	^{abc}٠/٠۵ ± ١/٧٠	١/٧٩±٠/٠٣^{ab}	١/٧٨±٠/٠٣ ^{ab}
Osmolality (mOsmol/l)	آب شیرین	٣٠٢ ±١/٣ ^{de}	٣١١±١/٧ ^{cde}	٣٠۵±٢/٧ ^{de}	٣١٠± ۵ ^{de}
	آب لب شور	٣٢٢±٠/٢ ^{abc}	٣٢۶ ± ١/۵ ^{ab}	٣٢٠ ± ٢/۵ ^{bcd}	٣٢٩ ± ٣/۴ ^{a}



نمودار (١) روند تغییرات هورمون T_3 در پلاسما طی فصول مختلف و در محیط‌های آب شیرین و لب شور دریای خزر .
(حروف مشابه در سطح ٥ درصد تفاوت معنی‌داری با همدیگر ندارند.)



نمودار (٢) روند تغییرات هورمون T_4 در پلاسما طی فصول مختلف و در محیط‌های آب شیرین و لب شور دریای خزر.
(حروف مشابه در سطح ٥ درصد تفاوت معنی‌داری با همدیگر ندارند.)



نمودار (۳) روند تغییرات هورمون کورتیزول در پلاسما طی فصول مختلف و در محیط‌های آب شیرین و لب شور دریای خزر.
(حروف مشابه در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با همدیگر ندارند.)

بحث

بچه ماهیان ساکن در آب شیرین برای زندگی در آب شور و لب‌شور نیاز به سازگاری فیزیولوژیک دارند. این سازگاری در طی پدیده اسمولت شدن که با یک سری تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و رفتاری همراه است، رخ می‌دهد و پارامترهای مختلفی برای بررسی این تغییرات مورد استفاده قرار می‌گیرد که در تحقیق حاضر روند تغییرات طول، وزن و ضریب چاقی، سطوح یون‌ها و برخی هورمون‌ها در پلاسما استفاده گردید تا زمان و اندازه مناسب رهاسازی ماهی آزاد دریای خزر مشخص گردد. در تحقیق حاضر بچه ماهیان یک تابستانه از وزن ۸ گرم و طول ۹/۲ سانتی‌متر در ابتدای نمونه‌برداری به ۳۵/۳ و ۱۴/۹ بعد از سپری کردن دومین تابستان رسیدند. طبق مطالعات Ugedal *et al.* (1998) رفتار مهاجرتی و تحمل شوری با افزایش اندازه بدن افزایش می یابد. تعداد دیگری از مطالعات نیز بر تأثیر سن و اندازه بدن ماهی در افزایش توانایی تنظیم اسمزی تأکید دارند. ممکن است اثر اندازه بخاطر نسبت کمتر سطح به حجم در ماهی بزرگتر و یا بخاطر افزایش تدریجی توانایی تنظیم اسمزی باشد (McCormick and Saunder, 1987; McCormick *et al.*, 2007). در مورد ماهی آزاد دریای خزر گزارش‌های مختلفی وجود دارد به طوری که Bahramian (1997) و Ataimehr *et al.* (2006)۶ بچه ماهیان ۱۰ گرمی و Sayyad Bourani و همکاران (۲۰۰۵) اوزان ۲۰ و ۱۵، ۱۰ گرم را برای رهاسازی مناسب گزارش کردند. از طرف دیگر Mousavi و Saidi (۲۰۰۱) گزارش کرده‌اند بچه ماهیان بالای ۳۰ گرم ماهی آزاد دریای خزر تمایل کمتری برای مهاجرت به سمت دریا داشته و در رودخانه باقی می‌مانند. Eriksson and Lundqvist (1982) و Sigholt *et al.* (1995) نیز بر این مطلب صحه گذاشتند. بنابراین به نظر می‌رسد نمی‌توان فقط وزن ماهی را برای رهاسازی در نظر گرفت. اندازه‌گیری ضریب چاقی که مخلوطی از دو عامل طول و وزن است، یکی از بهترین فاکتورها در شناخت مرحله اسمولت است. چرا که در اسمولتها ضریب چاقی به علت افزایش فعالیت کاتابولیسمی کاهش می‌یابد (Sundell *et al.*, 1998). طبق گزارشات موجود در مورد آزاد ماهیان ضریب چاقی کمتر از یک برای رهاسازی مناسب به نظر می‌رسد (Aydemirova *et al.*, 1990). در مطالعه حاضر ضریب چاقی در فصل بهار به کمترین مقدار خود (۰/۹۸) می‌رسد زمانی که میانگین طول و وزن ماهیان به ترتیب ۲۰/۹ گرم و ۱۲/۹ سانتی‌متر بود. مطالعات مختلفی کاهش ضریب چاقی را در مرحله اسمولت نشان داده اند که این کاهش عمدتاً در فصل بهار اتفاق می‌افتد (Ewing

.et al., 1994; Tipping et al., 1995; Young et al., 1995; McCormick et al., 2003; McCormick et al., 2007). علاوه بر پارامترهای مورفومتریک، پارامترهای دیگری مثل سطوح یون‌ها و هورمون‌ها نیز برای تعیین زمان مناسب رهاسازی و سنجش توانایی تحمل شوری مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به ساکن بودن ماهیان در آب شیرین به نظر می‌رسد تغییرات چندانی در میزان یون‌های خون و اسمولالیته صورت نگیرد (Hoar, 1988). هرچند برخی مطالعات کاهش سطوح سدیم و کلر را در پیش از مهاجرت آزاد ماهی اقیانوس اطلس بیان کرده‌اند ولی این مورد در مورد آزاد ماهی کوهو تأیید نشد (Folmar and Dickhof, 1980; Bergheim et al., 1990). در بیشتر مطالعات تغییرات چندین ساعت بعد از ورود ماهی به آب شور مشاهده می‌گردد (Reding et al., 1984; McCormick and Björnsson, 1994). در تحقیق حاضر نیز غلظت یون‌ها در آب شیرین تقریباً ثابت باقی مانده و تفاوت معنی‌داری بین فصول مختلف مشاهده نشد. بعد از انتقال ماهیان به آب لب‌شور دریای خزر افزایش معنی‌داری در سطوح یون‌ها مشاهده گردید. در بیشتر مطالعات مقادیر یون‌های سدیم و کلر قبل و بعد از انتقال به آب شور به عنوان شاخصی برای سنجش توانایی تحمل شوری در ماهیان مورد استفاده قرار گرفته است. در صورتیکه ماهیان آمادگی مهاجرت را نداشته باشند مقدار این یون‌ها در پلاسمای خون به صورت چشمگیری افزایش می‌یابد ولی در صورت آمادگی تفاوت زیادی در مقادیر یون‌ها دیده نمی‌شود. در مطالعه حاضر در تمام نمونه‌برداریها مقدار یون‌ها و اسمولالیته پلاسما بعد از انتقال به آب لب شور افزایش یافت ولی کمترین مقدار افزایش در فصل بهار مشاهده شد که احتمالاً نشان‌دهنده آمادگی بیشتر این بچه ماهیان در این فصل می‌باشد. مطالعات مختلفی نشان داده است هورمون‌های T_4، T_3 از طریق کنترل رشد، تحریک نقره‌فام شدن بدن و تحریک پدیده بخاطرسپاری و کورتیزول از طریق افزایش تعداد و اندازه سلول‌های کلراید و افزایش فعالیت آنزیم Na^+, K^+-ATPase در تنظیم اسمزی نقش مهمی دارند (Hoar, 1988; Boeuf, 1993; Young et al., 1995). در مطالعه حاضر نیز هر چند تفاوت معنی‌داری در مقدار هورمون T_4 در بین فصول مشاهده نشد، ولی در فصل بهار به حداکثر میزان خود رسیده است. افزایش غلظت تیروکسین در آزاد ماهی اقیانوس اطلس در اواسط بهار نیز بیان شده است و مشخص گردیده که غلظت تیروکسین پار کمتر از اسمولتها می‌باشد (McCormick et al., 2003). Mohammadrezaei (2006) نیز در بچه ماهیان ۲۰ گرمی آزاد دریای خزر افزایش این هورمون را در فصل بهار گزارش کرده است. کمترین میزان این هورمون نیز در فصل پاییز مشاهده شد که با نتایج Audet و Claireaux (1992) همخوانی دارد. غلظت T_3 اندازه‌گیری شده در این مطالعه در دامنه‌ای بین ۲/۰۷- ۰/۷ نانوگرم بر میلی‌لیتر بود که این دامنه در آزاد ماهیان مهاجر ۱۶- ۰/۵ نانوگرم بر میلی‌لیتر گزارش شده است (McCormick et al., 2002). در تحقیق حاضر بیشترین میزان این هورمون در فصل تابستان و حداقل آن در پائیز مشاهده گردید که تغییرات فصلی مشاهده‌شده در میزان هورمون T_3 منطبق با مطالعه Audet و Claireaux (۱۹۹۲) می‌باشد که بیان کردند میزان هورمون T_3 با تغییرات فصلی به شدت تغییر می‌کند، به طوری که حداکثر میزان آن در تابستان و حداقل میزان آن در پاییز می‌باشد. هورمون T_3 از هورمون‌های متابولیکی بوده که در پلاسما از تبدیل T_4 بدست می‌آید و غلظت آن در پلاسما به میزان تبدیل T_4 به T_3 و همچنین شرایط محیطی به ویژه دما بستگی دارد، به طوری که با افزایش دما نسبت T_3/T_4 افزایش می‌یابد. که این افزایش در اوایل تابستان در چند گونه ماهی (بریم، سوف، اردک ماهی) دیده شد (Bau and Parent, 2000). غلظت کورتیزول اندازه‌گیری شده در این مطالعه طی فصول مختلف در دامنه‌ای بین ۱۲۲/۷- ۸۰/۱ نانوگرم بر میلی‌لیتر بدست آمد، دامنه این هورمون در آزاد ماهیان ۴۰۰-۱ نانوگرم بر میلی‌لیتر بیان شده است (McCormick et al., 2002). علیرغم اینکه برخی از مطالعات بر افزایش سطح کورتیزول در فصل بهار تأکید دارند (Young et al.,

1995; Shrimpton *et al*., 2000; McCormick *et al*., 2007)، در مطالعه حاضر کمترین میزان کورتیزول در فصل بهار و تابستان مشاهده گردید که با مطالعه Audet and Claireaux (1992) و Mohammadrezaei (2006) مطابقت دارد که در آن بیشترین میزان هورمون کورتیزول در فصول پاییز و زمستان و کمترین میزان آن در بهار و تابستان مشاهده گردید. در آن مطالعه بالا بودن کورتیزول را به دمای پایین نسبت دادند. غلظت پایین کورتیزول پلاسمای مشاهده شده در فصل بهار در این مطالعه با مطالعه Shrimpton *et al.* (1994) منطبق بود. که در آن غلظت کورتیزول پلاسما در آزاد ماهی کوهو کارگاهی در بهار و تابستان پایین بوده است. در آن مطالعه عنوان شده از آنجایی که کورتیزول یک عامل برای پیش سازگاری ماهیان به تحمل شوری و T_4 عاملی برای تحریک مهاجرت می‌باشد اوج غلظت کورتیزول چند هفته تا چند ماه زودتر از اوج سطح T_4 می‌باشد. البته عوامل مختلف و متعددی بر سطح پلاسمای کورتیزول اثر می‌گذارند که انواع استرس‌ها و شرایط نامطلوب محیطی از آن جمله‌اند، بنابرین گاهی نوسانات مقدار این هورمون در خون به تنهایی نمی‌تواند ارتباط مستقیم و قابل انتظاری با تغییرات فشار اسمزی برقرار نماید (Avell *et al.*, 1990) نکته دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد افزایش سطح هورمون کورتیزول بعد از انتقال به آب دریا می‌باشد که این نتایج با یافته‌های Young *et al.* (1995) و Singer *et al.* (2003) منطبق است. به نظر می‌رسد افزایش سطح این هورمون بر تعداد گیرنده‌های کورتیکواستروئید در آبشش تأثیر گذاشته که این امر در توسعه توانایی تنظیم اسمزی نقش دارد (Singer *et al*., 2003). بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق به نظر می‌رسد بچه آزاد ماهیان دریای خزر که در فصل بهار دارای متوسط وزن ۲۰/۹ گرم و طول ۱۲/۹ سانتی‌متر هستند در مقایسه با سایر فصول و اوزان مختلف ماهی از مناسب‌ترین وضعیت فیزیولوژیک برای رهاسازی برخوردار هستند. در عین حال انجام تحقیقات تکمیلی با بکارگیری شاخص‌های دیگر از قبیل تغییرات بافتی آبشش و دیگر بافت‌های دخیل در تنظیم اسمزی، سنجش میزان فعالیت Na^+, K^+-ATPase و میزان بیان ژن آنزیم Na^+, K^+-ATPase و NKCC و سایر ژن‌های دخیل در فرآیند تبدیل پار به اسمولت در شرایط آزمایشگاهی و نیز در محیط طبیعی پیشنهاد می‌شود.

References

- Ataimehr, B., Mojazi Amiri, B., Abdolhay, H., Mirvaghefi, A., 2006. Changes of number and size of gill chloride cells and mortality of Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius*) in different size and salinities. Iranian Fisheries Journal 15, 119-127. (In Persian).
- Avella, M., Young, G., Prunt, P., Schreck, C.B., 1990. Plasma prolactin and cortisol concentration during salinity challenges of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, at smolt and post-smolt stage. Aquaculture 91, 359-372.
- Audet, C., Claireaux, G., 1992. Diet and Seasonal Changes in Resting Levels of Various Blood Parameters in Brook Trout, *Salvelinus fontinalis*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciensces 49, 870-877.
- Aydemirova, Y.A., Tmarin, A.Y., Chernitskiy, A.G., 1990. Smoltification and migration of Caspian brown trout *Salmo trutta* in the Terek River. Journal of Ichthyology 30, 264-257.
- Bahramian, B., 1997. Determining of appropriate length and weight of Kelardasht center's Caspian brown trout fingerlings for releasing. M.Sc thesis in Marine Biology, Faculty of Marine sciences and technology, Islamic azad university, North Tehran Branch. 101 p. (In Persian).
- Bergheim, A., Kroglund, F., Vatne, D.F., Rosseland, B. O., 1990. Blood plasma parameters in farmed Atlantic salmon, *salmo salar* transferred to sea cages at age eight to ten months. Aquaculture 84, 159-165.
- Bau, F. and Parent, J.P., 2000. Seasonal variation of thyroid hormone levels in wild fish. Sciences de la vie / Life Sciences 323, 365-372.
- Boeuf, G., 1993. Salmonid smoltiong: a pre-adaptation to the oceanic environment: in fish ecophysiology;

Edt: Rankin and Jensen; chapter 4. PUB. Chapman and Hall, London.
- Finstad, B. and Ugedal, O., 1998. Smolting of sea trout (*Salmo tutta*) in Northen Norwey. Aquaculture 168, 341–349.
- Folmar, L.C. and Dickhof, W.W., 1980. The parr-smolt transformation (smoltification) and seawater adaptation in salmonids: a review. Aquaculture 21, 1-37.
- Eriksson, L. and Lundqvist, H., 1982. Circannual rhythms and photoperiod regulation of Growth and smolting in Baltic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 28, 113-121.
- Ewing, R.D. and Rodgers, J.D., 1998. Changes in physiological indices of smolting during seaward migration of wild coho salmon, *Oncorhynchus kisutch.* Aquaculture 168, 69-83.
- Hoar, W.S., 1988. The physiology of smolting salmonids: in fish physiology; Edt: Hoar & Randall; vol, xI. Part B. The physiology of developing fish. Academic press. Inc.
- Johnsen, H.K., Eliassen, R.A., Saether, B.S., Larsen, J.S., 2000. Effects of photoperiod manipulation on development of seawater tolerance in Arctic charr, Aquaculture 189, 177-188.
- McCormick, S.D., Saunders, R.L., 1987. Preparatory physiological adaptations for marine life of salmonids: Osmoregulation, Growth and metabolism. American Fisheries Society Symposium 1, 211-229.
- McCormick, S.D. and Björnsson, B.T., 1994. Physiological and hormonal differences among Atlantic salmon parr and smolts reared in the wild and hatchery smolts. Aquaculture 121, 235-244.
- McCormick, S.D., Bjöirnsson, B.Th., Sheridan, M., Eilertson, C., Carey, J.B., O'Dea, M., 1995. Increased daylength stimulates plasma growth hormone and gill Na^+, K^+ATPase in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Journal of Comparative Physiology 165, 245-254.
- McCormick, S.D., Shrimpton, J.M., Moriyama, S., Björnsson, B.T., 2002. Effects of an advanced temperature cycle on smolt development and endocrinology indicate that temperature is not a zeitgeber for smolting in Atlantic salmon. The Journal of Experimental Biology 205, 3553-3560.
- McCormick, S.D., O'Dea, M.F., Moeckel, A.M., Björnsson, B.Th., 2003. Endocrine and physiological change in Atlantic salmon smolts following hatchery release. Aquaculture 22, 45-57.
- McCormick, S.D., Shrimpton, J.M., Moriyama, S., Björnsson, B.Th., 2007. Differential hormonal responses of Atlantic salmon parr and smolt to increased daylength: a possible developmental basis for smolting. Aquaculture 273, 337-344.
- Mohammadrezaei, D., 2006. Study on the changes of hormonal and ionic during smoltification in Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius*). M.Sc thesis in Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. 79 p. (In Persian).
- Mousavi, S.M. and Saidi, A.A., 2001. Study on migration of two summers (smolt) of Caspian brown trout in Tonekabon River. 10^{th} Conference of Biology (Iran), 336-341. (In Persian).
- Reding, J.M., Schreck, C.B., Birrks E.J.W., Ewing, R.D., 1984. Cortisol and its effects on plasma thyroid hormone and.electrolyte concenteration in freshwater and during seawater acclimation in yearling coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. General Comparative Endocrinology 56, 146-155.
- Sayyad Bourani, M., Abtahi, B., Bahmani, M., Kazemi, R., Degendian, S., Dagigh Roohi, J., Amiri, A., 2005. The effects of size on osmoregulatory ability in Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius*). Iranian Fisheries Journal 14, 81-96. (In Persian).
- Shrimpton, J.M. and McCormick, S.D., 1998. Seasonal differences in plasma cortisol and gill corticosteroid receptors in upper and lower mode juvenile Atlantic salmon. Aquaculture, 168, 205-219.
- Shrimpton, J.M., Bernier N.J., Randall, D.J., 1994. Change in cortisol dynamics in wild and hatchery-reared juvenile coho salmon, oncorhynchus kisutch, during smoltification. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 51, 2179-2187.
- Shrimpton, J.M., Björnsson B.T., McCormick, S.D., 2000. Can Atlantic salmon smolt twice? Endocrine and biochemical changes during smolting, Canadian Journalof Fisheries and Aquatic Sciences 57, 1969-1976.
- Sigholt, T., Staurnes, M., Jakobsen, H.J., Asgard, T., 1995. Effects of Continuous light and short-day photoperiod on smolting, seawater survival and growth in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 130, 373-388.
- Singer, T.D., Finstad, B., McCormick, S.D., Wiseman, S.B., Schulte, P.M., McKinley, R.S., 2003. Interactive effects of cortisol treatment and ambient seawater challenge on gill Na^+, K^+-ATPase and CFTR

expression in two strains of Atlantic salmon smolts. Aquaculture 222, 15-28.
- Sundell, K., Dellefors C., Björnsson, B.T., 1998. Wild and hatchery-reared brown trout, *Salmo trutta* differ in smolt related characteristics during parr-smolt transformation. Aquaculture 167, 53-65.
- Tipping, J.M., Cooper, R.V., Byrne J.B., Johnson, T.H., 1995. Length and condition factor of migrating and nonmigrating hatchery-reared winter Stealhead smolts. ProgressiveFish Culturists, 57, 120-123.
- Ugedal, O., Finstad, B., Damsgard B., Mortensen, A., 1998. Seawater tolerance and downstream migration in hatchery-reared and wild brown trout, Aquaculture 168, 395-405.
- Young, G., McCormick, S.D., Björnsson, B.Th., Bern, H.A., 1995. Circulating growth hormone, cortisol, Thyroxine levels after 24 h seawater challenge of yearling coho salmon at different development stages. Aquaculture 136, 371-384.

Seasonal Changes of Some Physiological Parameters of *Salmo trutta caspiusfingrlings* in Fresh and Brackish Water

K. Sarvi Moghanlou[1], M. R. Kalbassi[1]* and B. Mojazi Amiri[2]

[1] Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran

[2] Department of Fisheries and Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: 27-04-2011 - Accepted: 17-03-2012)

Abstract

In this study, in order to determine the appropriate time and size to release *Salmo trutta caspius*, in Kelardasht center conditions, some biometric and physiological parameters were investigated. In this regard, sampling was carried out twice in each season from Parr (one-summer fingerlings) to smolt (two- summer fingerlings) stages in the course of 1 year. The trend of length, weight and condition factor, ions, Osmolality, thyroid hormones (T_3, T_4) and Cortisol levels of plasma in Freshwater fish and those transferred to Caspian sea Brackish water were measured. Based on the results, weight and length of fishes increased significantly from 8 g and 9.2 cm in autumn to 35.3 g and 14.9 cm in next summer, respectively ($p<0.05$). Ions and Osmolality levels did not show significant differences among different seasons, but after transfer to Caspian Sea water a significant increase in ions levels was observed. The lowest and highest levels of T_3 observed in autumn and summer, respectively, and difference between these seasons were significant. The highest level of T_4 was recorded in spring which was significantly different from that value of autumn. Plasma T4 levels showed significant differences between Freshwater and Brackish water in autumn. There were no significant differences among different seasons and Fresh and Brackish water, but the least and highest levels of Cortisol observed in spring and autumn, respectively. Based on these results, it seems that the fish with 20.9 g weight and 12.9 cm length in spring has the most appropriate physiological conditions for release.

Keywords: Release time, Fresh and Brackish water, Ions, Osmolality, Hormones, *Salmo trutta Caspius*

*Corresponding author: Tel: +981226253101 Fax: +981226253499 E-mail: kalbassi_m@modares.ac.ir