مطالعه امکان سازگاری ماهی اسکات (*Scatophagus argus*) به محیط آب شیرین

- **الهه اروجی*:** گروه‌شیلات، دانشکده‌کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه‌آزاداسلامی‌واحدعلوم‌وتحقیقات‌تهران، صندوق پستی: 775-14515
- **مهدی شمسایی‌مهرجان:** گروه‌شیلات، دانشکده‌کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه‌آزاداسلامی‌واحدعلوم‌وتحقیقات تهران، صندوق‌پستی: 775-14515
- **شهلا جمیلی:** موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران، صندوق‌پستی: 6116- 14155

تاریخ دریافت: آذر 1392 تاریخ پذیرش: اسفند 1392

چکیده

در این تحقیق توانایی سازگاری و میزان رشد یک گونه از ماهیان آب شور (اسکات یا *Scatophagus argus*)، در محیط آب شیرین مورد بررسی قرار گرفت. 4 تیمار با شوری‌های 10 و 20 و 30 در هزار و آب شیرین در 3 تکرار انتخاب و هر تکرارشامل 6 عدد ماهی شدند. پس از طی مراحل سازگاری با آب شیرین، از هر تیمار یک ماهی به‌صورت تصادفی انتخاب گردید و روش‌های معمول تهیه مقاطع بافتی و رنگ‌آمیزی (هماتوکسیلین- ائوزین) بر روی اندام‌های کلیه و آبشش انجام شد. در ادامه نتایج میکروسکوپیک تغییرات تعداد سلول‌های کلراید مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج به‌دست آمده فاکتورهای افزایش میزان رشد ویژه، ضریب چاقی و در صد بقاء بچه‌ماهیان در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (p>0/05). بیش‌ترین میزان رشد ویژه و ضریب چاقی در شوری 20 در هزار و کم‌ترین میزان در شوری 30 در هزار مشاهده گردید. بیش‌ترین در صد ماندگاری و بقاء بچه‌ماهیان در شوری 10 در هزار مشاهده گردید. درصد بقاء ماهیان در آب شیرین با درصد بقاء در شوری 20 درهزار که شوری مطلوب برای زیست ماهی اسکات است برابر بود. پس از شمارش سلول‌های کلراید آبشش وکلیه مشخص شد که با کاهش شوری، تعداد سلول‌های کلراید آبشش‌ها کاهش و تعداد آن‌ها در کلیه‌ها افزایش معنی‌داری یافت (P<0/05).

کلمات کلیدی: ماهی اسکات، آب شیرین، سازگاری، سلول‌های کلراید

مقدمه

شوری یکی از عوامل مهم زیست محیطی است که بر زندگی ماهیان تاثیر به‌سزایی دارد و هر نوع ماهی با توجه به شرایط فیزیولوژیکی و ساختار بدنی خاص می‌تواند شوری‌های خاصی را تحمل کند. ماهی اسکات (*S. argus*) از ماهیان زینتی آب شور می‌باشد. این ماهی نخستین بار توسط کارل لینه (1766) در دریای مدیترانه گزارش گردید.

ماهی اسکات به‌خاطر زیبایی منحصر به فردی که دارد در سرتاسر دنیا علاقه‌مندان زیادی را به‌خود اختصاص داده است. این ماهی از ماهیان ساکن در آب‌های شور و لب‌شور دریایی است و نسبت به محیط خود هیپواسموتیک می باشد (عبدی، 1389). در محیط طبیعی از شوری 16 تا 20 قسمت در هزار زندگی می‌کند (Monks، 2007).

یکی از مهم‌ترین تنظیماتی که همه ماهیان باید در محیطزیست خود اعمال کنند، حفظ تعادل آب و نمک بافت‌ها در حد مناسب است که به آن تنظیم اسمزی گفته می‌شود (Laurent و Perry، 2003) تنظیم فشار اسمزی توسط کلیه، آبشش و بعضی از اندام‌های خاص و تا حدودی نیز توسط پوست به‌عنوان یک سد نفوذ ناپذیر انجام می‌شود. ماهی اسکات نسبت به محیط خود هیپواسمز می‌باشد. بنابراین در چنین شرایطی ماهی به‌طور غیرفعال آب از دست می‌دهد و نمک جذبی به‌دست می‌آورد. این ماهی برای جبران این آب از دست رفته از محیط آب می‌نوشد و به‌طور فعال یون‌های تک ظرفیتی را از طریق آبشش‌ها و نیز مقداری از یون‌های دو

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: orouji45eskat@gmail.com

ظرفیتی را از طریق کلیه‌ها دفع می‌کند (Lee و همکاران، 2006).

سلول‌های بزرگ خاصی در آبشش‌ها وجود دارند که فعالانه آنیون‌های تک ظرفیتی اضافی را برخلاف شیب غلظتی، به‌داخل محیط برگشت می‌دهند که به آن‌ها سلول کلراید می‌گویند. سلول‌های کلراید حاوی تعداد فراوانی میتوکندری هستند که انرژی لازم برای این کار را تامین می‌کنند و همچنین میکروتوبول‌های سیتوپلاسمی در آن‌ها رشد فوق‌العاده‌ای یافته‌اند. علاوه بر این، حاوی دستگاه آنزیمی Na+ k+ ATPase هستند. این دستگاه در امتداد نواحی قاعده‌ای جانبی و در تشکیلات میکروتوبولی وسیع سلول‌های کلراید دیده می‌شود و به‌طور فعال، یون سدیم را منتقل کرده و با یون پتاسیم تعویض می‌نماید (Karnaky، 2006).

براساس بررسی‌های انجام شده تاکنون مطالعه کامل و جامعی در مورد سازگاری ماهی *S.argus* در شرایط زیست محیطی گوناگون صورت نگرفته است. با این وجود نتایج مطالعات برروی سایر گونه‌های ماهی در دسترس می‌باشد. در مطالعه انجام شده توسط Sampio و همکاران (2002) برروی ماهی فلاندر (*Paralichthys orbignyanus*)، در صد ماندگاری و میزان رشد این ماهی در شوری‌های (0، 10، 20 و 30 در هزار) مورد بررسی قرار گرفت. براین اساس، درصد ماندگاری ماهیان در آب شیرین با دیگر شوری‌ها دارای اختلاف معنی‌داری نبود ولی رشد ماهیان در آب شیرین به مراتب کم‌تر از آب لب‌شور و شور دریایی بود. نتایج حاصله از مطالعه صورت گرفته برروی بچه فیل‌ماهیان توسط پورعلی و همکاران (1382) بیانگر رشد مطلوب‌تر و بیش‌تر این گونه در شرایط آب لب‌شور نسبت به آب شیرین بود. نتایج مشابهی نیز در مطالعه صورت گرفته توسط جعفریان (1387) روی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به‌دست آمده است. در واقع افزایش رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی در آب لب‌شور در مقایسه با آب شیرین اختلاف معنی‌دار را نشان داد. در مطالعه صورت گرفته توسط Roza و همکاران (2005) تغییر در فعالیت آنزیم Na+ K+ ATPase در رشته‌های آبششی ماهی خاویاری (*Acipencer naccari*) طی سازگاری از آب شیرین به آب شور مورد بررسی قرار گرفت. در نتیجه افزایش شوری، فعالیت آنزیم Na+ K+ ATPase افزایش یافت که این تغییر نقش مهمی در مکانیسم اسمزی در پی داشت.

براساس مطالعات انجام گرفته توسط نوروزی (1390) برروی ماهی پافر (*Tetraodon biocellatus*)، با کاهش شوری، تعداد سلول‌های کلراید آبشش‌ها کاهش و تعداد این سلول‌ها در کلیه‌ها افزایش می‌یابد و بیش‌ترین رشد و بقا در شوری 5 در هزار مشاهده شد. نتایج نشان داد که ماهی پافر در برابر تغییرات شوری آب از صفر تا 15 گرم در لیتر تا حدودی مقاوم است که این موضوع بیانگر سازش پذیری گونه مذکور به تغییرات شوری بود.

توانایی یک موجود آبزی در تحمل تغییرات وسیع شوری بدون مخاطره فرآیندهای زیستی یوری هالین (Euryhalinity) نامیده می‌شود. ماهیان استخوانی دریایی باید با از دست دادن آب از طریق فرایند اسمز و ورود یون‌ها به‌ویژه Na^+ و Cl^- از طریق انتشار به محیط داخلی بدن مقابله کنند که این عمل با خوردن آب دریا و کاهش سطح ادرار و دفع فعال نمک از طریق آبشش انجام می‌پذیرد در حالی‌که مکانیسم معکوسی در ماهیان آب شیرین رخ می‌دهد (Evans، 2005؛ Alderdic، 1988). آبشش با تغییر دادن سطح و تعداد سلول‌های کلراید به‌عنوان مهم‌ترین اندام دخیل در تنظیم اسمزی محسوب می‌شود. برخی از تغییرات عمده بافتی مانند افزایش تعداد و اندازه سلول‌های کلراید در روند سازگاری ماهی‌ها با شوری رخ می‌دهد (Evans، 2005).

بررسی ساختار و وظایف کلیه در ماهیان و سازگاری‌های گسترده از نظر شکل و فیزیولوژی، موضوعی بسیار وسیع و پیچیده است بنابراین روش‌های متفاوت زندگی در آب شیرین و شور نیازمند تنظیم ساختار کلیه‌ها، برای تطابق با این محیط‌ها است که در مورد شوری، سلول‌های کلراید عهده‌دار این وظایف هستند که تغییرات تعداد آن‌ها سبب افزایش کارایی سیستم تنظیم فشار اسمزی و تحمل شوری می‌شود (Perry و Laurent، 2003).

در هنگام مواجه با تنش ناشی از کاهش یا افزایش شوری، ماهیان ترکیبات مایعات داخلی بدن خود را توسط فرآیند تنظیم فشار اسمزی و از طریق تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیک گوناگون آن تنظیم می‌نمایند (Evans، 2005).

با توجه به دشواری‌های موجود برای نگه‌داری ماهیان آب شور در آکواریوم و کم کردن هزینه‌های نگه‌داری ماهیان آب شور به‌نظر می‌رسد تلاش برای ساده سازی نگه‌داری این ماهی بتواند بازارهای جدیدی برای این ماهی زیبا ایجاد نماید. بر این اساس پژوهش حاضر در زمینه سازگاری ماهی اسکات در محیط آب شیرین با توجه به اهمیت نگه‌داری این ماهیان در آب شیرین از نظر کم کردن هزینه‌های نگه‌داری و جنبه‌های اقتصادی انجام شد.

مواد و روش‌ها

ماهیان اسکات (*S. argus*) در سال 1391 از یک کارگاه خصوصی در بوشهر تهیه و به کارگاه تکثیر وپرورش ماهیان زینتی در تهران انتقال یافتند. پس از طی مراحل سازگاری (30 روز)، مطالعات آزمایشگاهی و تهیه بافت از اندام‌های آبشش و کلیه در آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران انجام گرفت. جهت انجام این تحقیق 4 تیمار صفر، 10، 20 و 30 قسمت در هزار نمک دریا با سه تکرار از هرکدام در نظر گرفته شدند. تیمار 30 در هزار به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. تعداد 72عدد بچه‌ماهی جهت انجام آزمایش انتخاب گردیدند. این ماهیان از نظر وزن و طول در یک گروه قرار داشتند. با توجه به امکان بروز استرس در ماهیان حین عمل حمل و نقل 24 ساعت قبل از

بارگیری ماهیان تغذیه آن‌ها قطع شد. همچنین در آزمایشگاه نیز 48 ساعت پس از انتقال نمونه‌ها به هر یک از تیمارها و طبیعی شدن رفتارهای آن‌ها و رفع استرس، غذادهی ماهیان آغاز شد. غذادهی در هفته اول برای پیشگیری از صدمات احتمالی از استرس حمل ماهی نصف میزان متعارف یعنی حدود 1 درصد وزن بچه‌ماهیان هر تیمار بود. غذادهی به‌وسیله غذاهای تجاری و پلت‌های تجاری ویژه ماهیان زینتی مربوط به شرکت Sera آلمان انجام گرفت. در خلال آزمایش روزانه معادل 2 درصد وزن بدن بچه ماهی‌ها غذادهی انجام می‌گرفت و در هر تیمار 3 وعده غذایی به بچه‌ماهی‌ها داده می‌شد. با توجه به این که شرایط محیطی مثل نوع غذا، آب مصرفی، دما، نور و هوادهی در تمام تیمارها یکسان بود، در خلال آزمایش هر 2 هفته یکبار وزن ماهی‌ها به‌کمک ترازوی دیجیتال (مدل Mettler ساخت سوئیس) با دقت 0/01 گرم اندازه‌گیری و ثبت گردید. طول ماهی‌ها نیز به‌وسیله کولیس دیجیتال (مدل Mitutoyo ساخت ژاپن) اندازه‌گیری شد. وزن و طول تمامی ماهیان به‌همین ترتیب هر دو هفته یکبار اندازه‌گیری و ثبت گردید. جهت اندازه‌گیری میزان شوری، pH و دمای آب تیمارها در این پژوهش هر روز میزان شوری به‌وسیله شوری‌سنج چشمی (رفراکتور چشمی Atago ژاپن) اندازه‌گیری شد و هر 1 روز در میان 2 ppt از شوری تیمارها را با اضافه کردن آب دکلره و خارج کردن آب آکواریوم کم گردید. pH تیمارها نیز به‌وسیله pH متر دیجیتالی (Horiba-u-10 ژاپن) به‌طور روزانه ثبت و برای ثابت نگه داشتن pH فضولات و باقیمانده غذاها به‌صورت هفتگی خارج گردید. دمای آب نیز به‌وسیله دماسنج دیجیتالی(Horiba-u-10 ژاپن) اندازه‌گیری می‌گردید. دمای تیمارها طی دوره سازگاری بین 28-25 درجه سانتی‌گراد بود که این دما مناسبی برای زیست ماهی‌ها می‌باشد و اکسیژن آن نیز به‌وسیله پمپ هوادهی آکواریوم‌ها تأمین شد. مدت زمان آزمایش 70 روز در نظر گرفته شد. برای این منظور هر دو روز یک بار شوری آب به‌میزان 2 قسمت در هزار کم شد. بنابراین بعد از گذشت یک ماه شوری آب از 30 قسمت در هزار نمک دریا به صفر قسمت در هزار رسید. همچنین ماهی‌ها به‌مدت یک ماه در تیمارهای مورد آزمایش، با شوری‌های مختلف نگه‌داری شدند سپس برای انجام بررسی‌های تکمیلی روی بافت‌های آبشش و کلیه مورد بررسی قرار گرفتند. جهت بررسی تغییرات در سلول‌های کلراید آبشش و کلیه از روش بافت‌شناسی معمولی استفاده شد (Bancroft وGamble، 2007).

میزان افزایش وزن یا رشد مطلق (WGR) و درصد رشد نسبی (RGR) و نیز درصد بقاء (SR) از طریق معادلات زیر محاسبه شدند (Garcia و Riesata، 1993):

وزن اولیه- وزن نهایی= افزایش وزن (WGR)

100/ وزن اولیه - وزن نهایی = درصد رشد نسبی (RGR)

100× (تعداد اولیه/ تعداد نهایی) = درصد بقاء (SR)

همچنین میزان رشد ماهیان طی دوره آزمایش (طول و وزن) در فواصل 15 روزه براساس فرمول میزان رشد (K) اندازه‌گیری شد:

$$K = \frac{\ln W_t - \ln W_0}{t - t_0}$$

(Wt) وزن نهایی و (W0) وزن اولیه و (t-t0) طول دوره آزمایش می‌باشد.

ضریب چاقی نسبت طول ماهی به وزن آن است که به‌صورت شاخص وضعیت (Condition factor) نشان داده می‌شود و نشان‌دهنده چگونگی وزن ماهی نسبت به طول آن می‌باشد. مقدار آن براساس فورمول زیر محاسبه می‌گردد (Evans، 2005):

$$C_\circ F_\circ = \frac{W \times 100}{L^3}$$

(W) وزن ماهی به گرم، (L) طول چنگالی ماهی به سانتی‌متر و (100) ضریب ثابت برای سیستم متریک می‌باشد.

تجزیه واریانس داده‌ها از طریق نرم‌افزار Spss نسخه 16 در سطوح آماری 99 درصد و 95 درصد انجام شد تا وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف در رابطه با شاخص‌های مورد بررسی ماهیان بررسی گردند و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف، آزمون مقایسه دانکن جهت مقایسه میانگین‌های شاخص‌های مورد بررسی، استفاده گردید.

نتایج

شمارش تعداد سلول‌های کلراید در 5 پایه آبششی و کلیه به‌وسیله عکس‌های گرفته شده بیانگر تغییر در تعداد آن‌ها در تیمارهای مختلف می‌باشد (شکل‌های 1 و 2). تعداد سلول‌های کلراید کلیه با کاهش مقدار شوری افزایش معنی‌داری یافت ($P<0/05$) به‌طوری که بیش‌ترین تعداد آن در تیمار آب شیرین و کم‌ترین آن در تیمار شوری 30 در هزار مشاهده گردید. در مورد سلول‌های کلراید آبشش این روند بر عکس بود. با افزایش میزان شوری تعداد آن‌ها افزایش معنی‌داری یافت ($P<0/05$). بیش‌ترین تعداد سلول‌های کلراید در تیمار شوری 30 در هزار و کم‌ترین آن در تیمار آب شیرین مشاهده گردید (جدول 1).

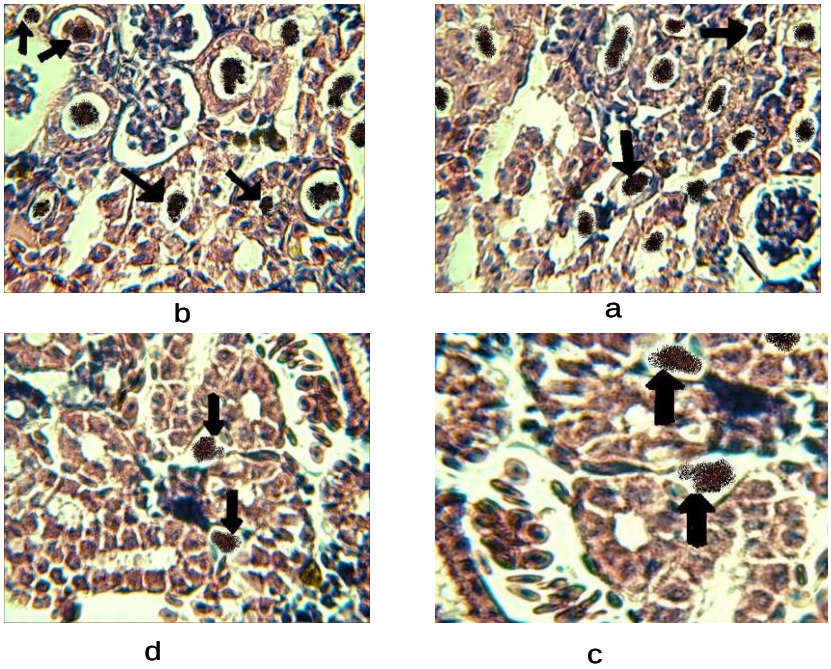
جدول 1: مقادیر شمارش شده سلول‌های کلراید آبشش و اجسام مالپیگی کلیه در ماهی اسکات در تیمارهای مختلف

شوری	0	10 قسمت در هزار	20 قسمت در هزار	30 قسمت در هزار
تعداد سلول‌های کلراید	15	19	24	28
تعداد اجسام مالپیگی	14	10	8	6

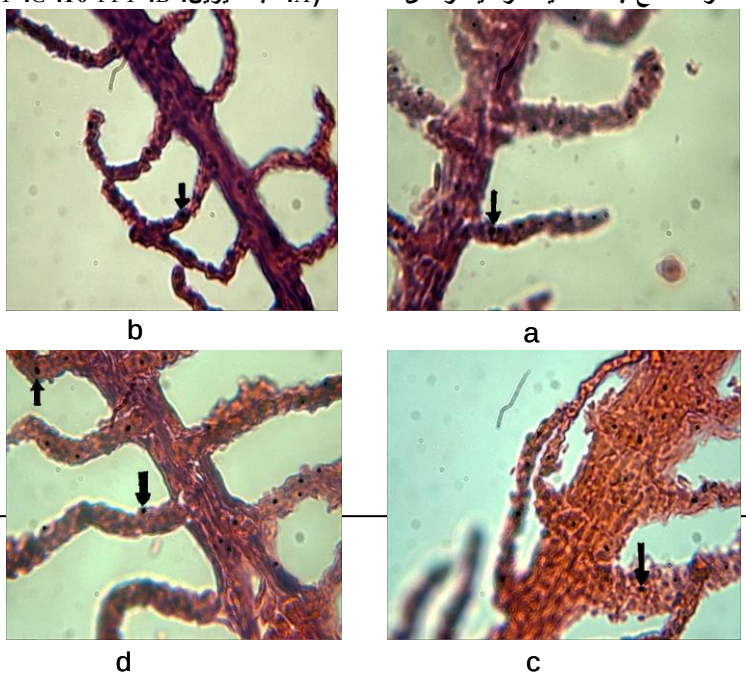
با توجه به داده‌های مندرج در جدول 2، میزان افزایش وزن بدن اختلاف معنی‌داری در شوری‌های 30، 20 و 10درهزار و آب شیرین نشان نداد . همچنین در میزان ضریب رشد ویژه و درصد چاقی ماهیان در شوری-های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. درصد بقاء بچه‌ماهیان نیز در شوری‌های 10، 20 و 30 درهزار و آب شیرین دارای اختلاف معنی‌داری نبود ($p>0/05$).

جدول2: میانگین (±SD) شاخص‌های رشد و بازماندگی بچه‌ماهیان اسکات در تیمارهای مختلف

پارامترهای رشد	0	10 قسمت در هزار	20 قسمت در هزار	30 قسمت در هزار



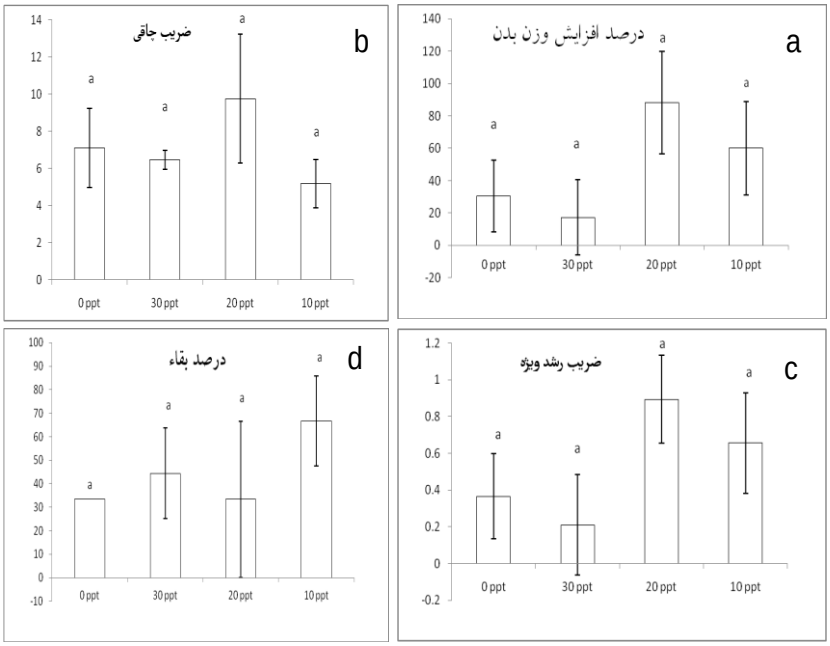
شکل 1: تصاویر به‌دست آمده از مقاطع بافت کلیه در تیمارهای مختلف (A: آب شیرین. B: 10 PPT. C: 20 PPT. D: 30 PPT)



شکل 2: تصاویر به‌دست آمده از مقاطع رشته‌های آبششی در تیمارهای مختلف (A: آب شیرین. B: 10 PPT. C: 20 PPT. D: 30 PPT)

وزن اولیه (گرم)	20/59±1/93[a]	10/51±1/36[b]	10/08±0/21[b]	21/38±1/49[a]
وزن نهایی (گرم)	26/65±2/96[a]	16/56±1/11[b]	19/05±2/68[b]	24/87±3/22[a]
طول اولیه (سانتی‌متر)	5/37±0/15[a]	3/83±0/2[b]	4/02±0/58[b]	5/56±0/48[a]
طول نهایی (سانتی‌متر)	7/33±0/95[a]	6/9±0/45[a]	5/9±0/98[a]	7/26±0/20[a]
افزایش وزن بدن (درصد)	30/24±22/08[a]	60/07±28/29[a]	88/26±31/52[a]	17/31±23/38[a]
ضریب رشد ویژه (درصد)	0/36±0/23[a]	0/65±0/27[a]	0/89±0/24[a]	0/21±0/27[a]
ضریب چاقی	7/07±2/12[a]	5/17±1/30[a]	9/74±3/47[a]	6/46±0/51[a]
درصد بقا (درصد)	33/33[a]	66/66±19/24[a]	33/33±33/33[a]	44/44±19/24[a]

شکل3 (a) بیان‌گر درصد افزایش وزن بدن می‌باشد همان‌طورکه در شکل مشاهده می‌شود بیش‌ترین درصد افزایش وزن مربوط به شوری 20 درهزار با میانگین وزنی88/26±31/52 گرم و کم‌ترین میزان درصد افزایش وزن در شوری 30 در هزار با میانگین وزنی23/38±17/31 گرم بوده است. میزان درصد افزایش وزن در آب شیرین 30/24 ±22/08 گرم بوده است که به‌مراتب بیش‌تر از افزایش وزن در آب شور می‌باشد. درصد افزایش وزن در شوری 10 در هزار نیز پس از شوری20 درهزار در رتبه دوم قرارگرفت. شکل3 (b) نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در میزان ضریب چاقی در شوری‌ها می‌باشد. بیش‌ترین ضریب چاقی مربوط به شوری 20 درهزار (9/74± 3/47) و کم‌ترین میزان آن مربوط به شوری 30 در هزار (6/46 ±0/51) بود. در آب شیرین میزان ضریب چاقی (7/07±2/12) بود که نسبت به آب شور بیش‌تر می‌باشد. با توجه به شکل3 (c) ضریب رشد ویژه در شوری‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشد. بیش‌ترین میزان ضریب رشد ویژه مربوط به شوری 20 درهزار با میزان 0/89 ±0/24 و کم‌ترین میزان مربوط به شوری 30 در هزار با میزان ضریب رشد ویژه 0/21±0/27 بود. در آب شیرین میزان ضریب رشد ویژه 0/36±0/23 بود که ازشوری‌های 20 و10 درهزار کم‌تر بوده ولی از شوری 30 درهزار بیش‌تر بود. هم‌چنین درصد بقاء ماهی اسکات در شوری‌های مختلف نیز نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف نبود (شکل3، d). بیش‌ترین در صد بقاء مربوط به شوری 10درهزار به‌میزان 66/66±19/24 و کم‌ترین میزان مربوط به شوری‌های 20 و 0 درهزار بودند. در شوری 20 درهزار میزان درصد افزایش وزن و ضریب رشد ویژه و ضریب چاقی نیز بیش‌تر از شوری‌های دیگر مشاهده گردید. بیش‌ترین در صد بقاء بچه‌ماهیان در شوری 10 درهزار بود درصد بقاء بچه‌ماهیان در آب شیرین با درصد بقاء در شوری 20 درهزار که شوری مطلوب برای زیست ماهی اسکات است برابر بود. کم‌ترین میزان درصد افزایش وزن و ضریب رشد ویژه و ضریب چاقی مربوط به بچه‌ماهیان سازگار شده در آب با شوری 30 درهزار بود.

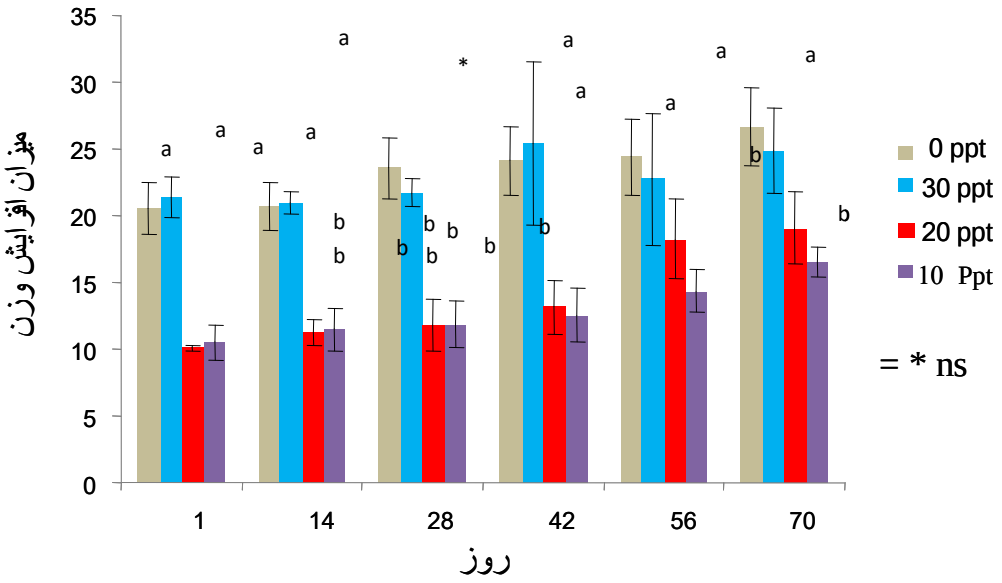


شوری

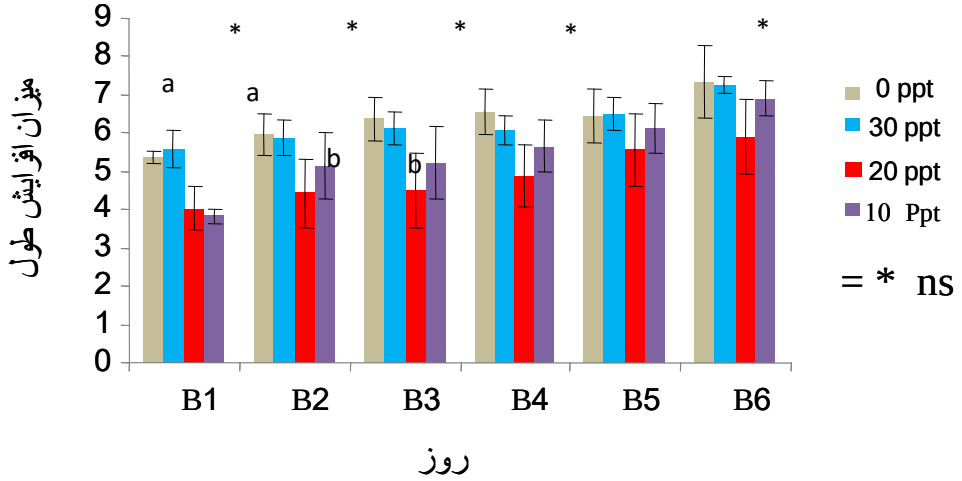
شکل 3: تغییرات مقادیر شاخص‌های رشد برای ماهی اسکات (*S. argus*) در تیمارهای شوری مختلف (30، 20، 10 در هزار و آب شیرین)

بیش‌ترین افزایش وزن در شوری 20 درهزار و سپس در تیمارهای 10 درهزار و آب شیرین بود. کم‌ترین میزان افزایش وزن در تیمار 30 درهزار مشاهده گردید (شکل 4). تغییرات مقادیر طول ماهیان در طی دوره آزمایش در شکل 5 نشان داده شده است. در مورد شاخص طول طبق داده‌های به‌دست آمده اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف مشاهده نگردید ($p>0/05$). شاخص وزن و فاکتور رشد نسبی در هفته‌های هفتم و هشتم آزمایش در تیمارهای مختلف دارای اختلافات معنی‌داری بودند ($p<0/05$) اما سایر هفته‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل 6). با توجه به آزمون مقایسه میانگین دانکن بیش‌ترین میزان رشد نسبی در تیمار 20 درهزار و پس از آن در تیمار 10 درهزار مشاهده گردید. کم‌ترین میزان آن مربوط به تیمار 30 درهزار بود. رشد نسبی در آب شیرین نسبت به شوری‌های 10 و 20 درهزار کم‌تر بود ولی با توجه به داده‌های به‌دست آمده رشد نسبی محسوس و قابل توجهی در این شوری مشاهده شد.

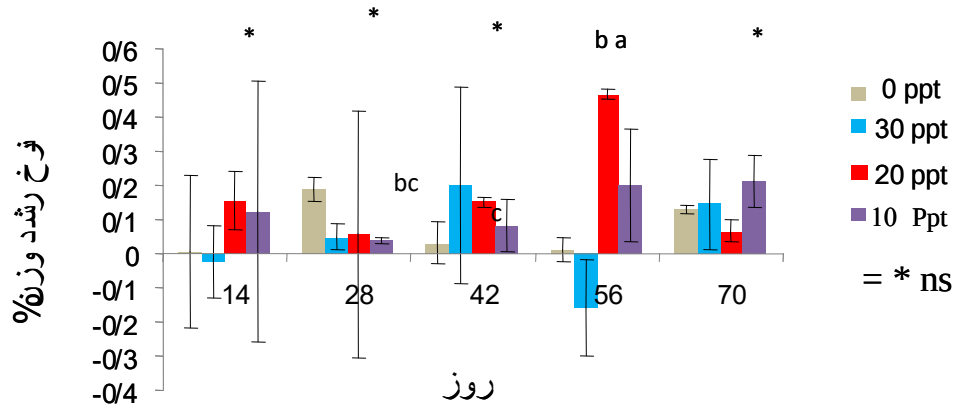
در هفته‌های نهم و دهم آزمایش با توجه به این‌که ماهیان در حدود 1 ماه در تیمارهای چهارگانه سازگاری یافته بودند، ماهیان سازگار شده با آب شیرین داری افزایش وزن بیش‌تری نسبت به هفته‌های قبل بودند و رشد نسبی در هفته‌های نهم و دهم در آب شیرین نیز بیش‌تر و محسوس‌تر بود و تقریباً با رشد نسبی در تیمار شوری 20 درهزار برابری می‌نمود.



شکل 4: تغیرات افزایش وزن ماهی اسکات طی دوره آزمایش در تیمارهای شوری مختلف



شکل 5: تغیرات طول ماهی اسکات طی دوره آزمایش در تیمارهای شوری مختلف



شکل 6: تغیرات نرخ رشد ویژه ماهی اسکات طی دوره آزمایش در تیمارهای شوری مختلف

بحث

در این مطالعه اثرات تیمارهای مختلف شوری بر میزان رشد و سازگاری ماهی اسکات مورد بررسی قرار گرفت. بیش‌ترین رشد ماهی اسکات در شوری 20 درهزار و بعد از آن در شوری 10 درهزار مشاهده شد. همچنین بیش‌ترین میزان ماندگاری در شوری 10 درهزار مشاهده شد که با نتایج حاصل از مطالعه صورت گرفته بر روی گونه (*Takifugu obscures*) توسط Shi و همکاران (2010) مطابقت داشت. در مطالعه صورت گرفته توسط وی نیز بیش‌ترین میزان رشد و بقاء در شوری 10 درهزار ملاحظه‌گردید. همچنین‌در بررسی صورت‌گرفته برروی‌فیل ماهی دریای خزر توسط پورفشتمی (1382) حداکثر رشد ویژه و میزان بقاء در آب لب‌شور با شوری 8 درهزار مشاهده گردید که با چشم‌پوشی از اختلاف ناچیز (2 قسمت درهزار نمک دریا) با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

با کاهش شوری از تعداد سلول‌های کلراید آبشش کاسته گردید، درحالی‌که بر تعداد این سلول‌ها در کلیه افزوده شد. تنظیم اسمزی در ماهیان‌استخوانی با دخالت مستقیم سلول‌های کلراید و از طریق یک‌سری عملکردهای کاملاً متمایز در ماهیان ساکن آب‌های شور و شیرین به انجام می‌رسد. در ماهیان دریازي وظیفه عمده این سلول‌ها تنظیم اسمزي از طریق ترشح یون کلر توام با ترشح غیرفعال یون سدیم خواهد بود. ترشح فرا غشایی یون کلر از این سلول‌ها به‌صورت یک فرآیند پیچیده و با دخالت 4نوع‌عمده از ناقل‌ها و کانال‌هاي‌حاضر در غشاء راسی و قاعده‌هاي جانبی (کانال‌هاي کلر حاضر در غشاي راسی سلول، ناقل حاضر در غشاي قاعده‌هاي جانبی، پمپ $Na^+/K^+/2Cl^-$ یونی غشاي قاعده‌هاي جانبی و کانال‌هاي پتاسیمی Na^+/K^+ ATP_{ase}غشاي قاعده‌هاي جانبی) به انجام می‌رسد ترشح کلرید سدیم از آبشش‌ها به‌صورت ترکیبی از انتقال فعال ثانویه یون کلر و انتقال غیرفعال سدیم صورت می‌گیرد. نیروی محرکه انتقال فعال کلر با فعالیت پمپ Na^+/K^+ ATP_{ase} می‌گردد. در واقع فعالیت این پمپ به حفظ غلظت درون سلولی سدیم در مقادیر پایین‌تر از محیط بیرون و غلظت پتاسیم در مقادیر بالاتر از محیط بیرون سلول کمک می‌کند (عبدی و همکاران، 1389). در مطالعه صورت گرفته توسط نوروزی (1390)، مشاهده گردید که در ماهی پافر (*Tetraodon biocellatus*) با کاهش شوری از تعداد سلول‌های کلراید آبشش کاسته و بر تعداد این سلول‌ها در کلیه افزوده می‌شود. همچنین در مطالعه صورت گرفته توسط Imsland و همکاران (2003) بر روی ماهی شانک در شوری بالاتر از شوری آب دریا و شوری 40 در هزار انجام گرفت، تعداد سلول‌های کلراید آبشش پس از 7 روز سازگاری به صورت معني‌داری افزایش یافت. در مطالعه بر روی ماهیان هیبرید تریپلوئید *Oncorhynchus mykiss* (*Salmo trutta caspius*) با امکان سازگاری در شوری‌های 6، 12 و 18 درهزار که توسط رحیمی و همکاران (1390) انجام پذیرفت، نتایج مطالعات نشان داد که بیش‌ترین تعداد سلول‌های کلراید در تیمار شوری 18 درهزار بودند و با افزایش شوری تعداد سلول‌های کلراید آبششی افزایش یافت. در این آزمایش نیز بیش‌ترین تعداد سلول‌های کلرید آبششی در شوری 30 درهزار دیده شد و با افزایش شوری تعداد سلول‌های کلراید آبششی به‌طور معني‌داری افزایش یافتند.

به‌علاوه، نتایج حاصل از آزمایش‌های عطائی‌مهر و همکاران (1385) روی بچه آزاد ماهیان با نام علمی *Salmo trutta caspius* حاکی از این بود که این ماهی ها تنظیم فشار اسمزی را به‌وسیله سلول‌های کلراید و از طریق افزایش تعداد این‌سلول‌ها انجام می‌دهند. در نتیجه بیان شدکه تعدادسلول‌های کلراید آبششی با افزایش شوری افزایش یافته و اندازه آن‌ها تغییر نامحسوسی در جهت کاهش نشان می دهد. در این آزمایش نیز تعداد سلول‌های کلراید آبششی با افزایش شوری برای تنظیم فشار اسمزی افزایش یافت.

نتایج مطالعه روی سلول‌های کلراید کلیه نیز نشان داد که تعداد این سلول‌ها در کلیه با کاهش شوری، افزایش می‌یابد. افزایش این سلول‌ها نشان‌دهنده تکامل یافتن اندام‌های تنظیم کننده فشار اسمزی و در نتیجه توسعه، تکامل و افزایش کارایی سیستم تنظیم فشار اسمزی در ماهیان می‌باشد. این یافته‌ها در موافقت با نتایج تحقیقاتی است که Wendelaar و همکاران (2010) و Wrobel و همکاران (2002) روی کلیه انجام دادند و تکامل سیستم تنظیم فشار اسمزی در اندام‌های مذکور را گزارش کردند. در نتیجه افزایش تعداد سلول‌های کلراید کلیه در راستای تکامل ساختاری و افزایش کارایی کلیه که یکی از مهم‌ترین اندام‌های تنظیم‌کننده فشار اسمزی است، در خلال فرایند مذکور ضروری است.

در همین زمینه Evans (2005) بیان کرد که در راستای تنظیم فشار اسمزی، زمانی‌که شوری زیاد است، باید هدر رفتن آب‌بدن ماهی از راه ادرار به‌وسیله فرایند فیلتراسیون در سلول‌های کلراید کلیه کاهش یابد از این رو برای جلوگیری از این مسئله کاهش تعداد سلول‌های کلراید کلیه ضروری است. همچنین تغییر اندازه گلومرول یا شبکه مویرگی پیچیده داخل سلول‌های کلراید کلیه با تغییر میزان شوری گزارش شده است (Wendelaar و همکاران، 2010). در این راستا Cataldi و همکاران (1991) در ماهی تیلاپیا و Oliverau (1977) در مارماهی و رابطه تغییر اندازه گلومرول داخل سلول‌های کلراید کلیوی را با تغییرات شوری گزارش نمودند که نتایج مطالعه حاضر در پی تبیین چگونگی این مسئله در ماهی اسکات می‌باشد. بررسی نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که روند تغییرات فیزیولوژیک مشاهده شده در جهت تطابق با تغییرات شوری در ماهیان اسکات، مشابه با سایر ماهیان استخوانی است. مناسب‌ترین روند سازگاری و تغییرات بافت آبشش و کلیه در شوری بین 10 تا 20 گرم در لیتر در این ماهی‌ها مشاهده شد.

منابع

1. **پورعلی، ح.؛ محسنی، م. و علیزاده، م.،1382.** مطالعه مقایسه رشد فیل ماهی در دو محیط پرورشی آب لب‌شور و آب شیرین. مجله علمی پژوهشی شیلات ایران. سال 15، شماره 1، صفحات 43 تا 50.
2. **جعفریان، ح.، 1387.** مقایسه آب لب‌شور و شیرین بر عملکرد رشد و تغذیه در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان جوان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد 16، ویژه نامه 2. صفحات 89 تا 98.
3. **رحیمی، خ.؛ کلباسی، م. و فروزنده، م.، 1390.** سازگاری ماهیان هیبرید تریپلوئید ماهی آزاد دریای خزر و قزل‌آلا رنگین کمان در انتقال مستقیم به شوری‌های متفاوت آب. مجله زیست شناسی ایران. سال 24، شماره 1، صفحات 129 تا 142.
4. **عبدی، ر.؛ پورخواجه، م. و ذوالقرنین، ح.، 1389.** اثر شوری بر روی میتوکندری‌های سلول‌های کلراید آبشش بچه‌ماهی هامور. مجله علمی پژوهشی محیط زیست جانوری. سال 2، شماره 4، صفحات 37 تا 42.
5. **نوروزی، م.، 1390.** مطالعه امکان سازگاری ماهی پافر (*Tetraodon biocellatus*) به محیط آب شیرین. مجله زیست شناسی دریا. دوره 3، شماره 4، صفحات 151 تا 163.
6. **Bancroft, J.D. and Gamble, M., 2007.** Theory and Practice of Histological Techniques. Edition: 6
7. **Cataldi, E.; Garibaldi, L.; Crosetti, D.; Leoni, C. and Cataudella, S., 1991.** Variations in renal morphology during adaptation to salinities in Tilapias, Environmental Biology of Fishes. Vol. 31, pp: 101-106.
8. **Evans, D.H.; Piermarini, P.M. and Choe, K.P., 2005.** The multifunctional fish gill: Dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. Physiological Reviews. Vol. 85, pp: 97-177.
9. **Imsland, A.K.; Alte Foss, S.G. and Stefansson, S.O., 2003.** Gill Na, K-Atpase activity, plasma chloride and osmolality in javelin turbot (*Scophthalmus maximus*) reared at different temperatures and salinities. Aquaculture. Vol. 218, pp: 671-683.
10. **Karnaky, K.J.R., 2006,** Structure and function of the chloride cell of *Fundulus horocfinis* and other teleost., Amer, zool, 26: 209-224, In: Fishes: An Introduction to Ichthyology, Moyle, P.B, and Cech., 4th edn. Prentice, Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
11. **Lee, K.M.; Kaneko, F. and Aida, K., 2006.** Prolactin gene expression exposed to hypoosmotic environment gen. Comp. endocrinol. Vol. 149, pp: 285-293.
12. **Lyn, Y.M.; Chen, C.N. and Lee, T.H., 2003.** The expression of gill Na, K-Atpase in milk fish, Chanos chanos, acclimated to sea water, brakishwater and fresh water .Comp. Biochem. Physiol. Vol. 135, pp: 489-497.
13. **Monks, N., 2007.** Scats and Monos Old Favorites and New Species for the Brackish-Water Aquarium. Environmental Biology of Fishes. Vol. 31, pp: 208-211.
14. **Oliverau, M. and Oliverau, J., 1977.** Effect of transfer to seawater and back to freshwater on the histological structure of the Eel kidney. Journal of comparative physiology. Vol. 115, pp: 223-239.
15. **Perry, S.F. and Laurent, P., 1993.** Environmental effects on fish gill structure and function. In Fish Ecophysiology (ed. J. C. Rankin and F. B. Jensen), pp: 233–263. London: Chapman and Hall.
16. **Roza, M.; Garcia Gallego, M. and Domezain, A., 2005.** Adaptive branchial mechanisms in the sturgeon *Acipencer naccari* during acclimation to salt water. Comp Biochem. Physiol. Vol. 141, pp: 183-190.
17. **Sampio, L.A. and Bianchini, A., 2002.** Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhalin Flounder Paralichthys orbignyanus. Journal of Experimental marine biology and ecology. Vol. 269, pp: 187-196.
18. **Shi, Y.; Zhang, G.; Zhu, Y. and Liu, J., 2010.** Effects of photoperiod, temperature and salinity on growth and survival of obscure puffer *Takifugu obscurus* larvae. Aquaculture. pp: 2-6.
19. **Wendelaar Bonga, S.E., 2010.** Morphometrical analysis with the light and electron microscope of the kidney of the anadromous three spined stickleback Gasterosteus aculeatus, from trachurus, from freshwater and from seawater, In Acclimation trails of juvenile Italian sturgeon to different salinities: morpho-physiological descriptors, Journal of Fish Biology. Vol. 47, pp: 609-618.
20. **Wrobel, K.H.; Hees, I.; Schimmel, M. and Stauber, E., 2002.** The genus Acipenser as a model system for vertebrate urogenital development: nephrostomial tubules & their significance for the origin of the gonad, Anat Embryol. Vol. 205, pp: 67-80.