

بررسی روند سازش بافتی آبشش و کلیه ماهی صبور (*Tenualosa ilisha*) طی مهاجرت از دریا به رودخانه های کارون و بهمنشیر

وحید داستان^۱، رحیم عبدی^{۱*}، عبدالعلی موحدی نیا^۱، محمد علی سالاری علی آبادی^۱

* abdir@kmsu.ac.ir

۱- دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۴

چکیده

در این پژوهش تغییرات بافتی آبشش و کلیه ماهی صبور به عنوان دو اندام اساسی و حائز اهمیت در فرایند تنظیم اسمزی در طول مهاجرت از خورموسی به رودخانه های کارون و بهمنشیر مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه برداری از خلیج فارس و رودخانه های کارون و بهمنشیر از هر ایستگاه ۱۰ قطعه با خصوصیات زیست سنجی مشابه از نظر اندازه و وزن صورت گرفت. پس از فیکس کردن نمونه های بافتی در محلول بوئن و طی مراحل روتین بافت شناسی، برشهایی به ضخامت ۶ میکرون تهیه و رنگ آمیزی با هماتوکسیلین- ائوزین انجام و توسط میکروسکوپ نوری مجهز به لنز داینو لیت مورد مطالعه قرار گرفتند. بیشترین تعداد و مساحت سلول های کلراید مربوط به ماهی های دریا بود که با مهاجرت به رودخانه های کارون و بهمنشیر کمتر شدند ($p < 0/05$). اما تفاوت معناداری بین سلول های کلراید رودخانه های کارون و بهمنشیر از این لحاظ وجود نداشت ($p > 0/05$). در بافت کلیه در طی مهاجرت از دریا به رودخانه، قطر لومن توپول های پروکسیمال و دیستال افزایش یافته اما قطر لومن توپول دیستال نمونه های کارون بیشتر از بقیه بود. در سایر توپول ها اختلاف معناداری در نمونه های کارون و بهمنشیر وجود نداشت ($p > 0/05$). بنابراین بر اساس این تحقیق مشخص گردید که آبشش و کلیه در فرآیند تنظیم اسمزی در ماهی صبور مشارکت فعالانه داشته و بدلیل سازگاری و پاسخ به شوری های متفاوت محیط که با تغییرات بافت شناختی و بیشتر در بافت آبشش همراه بود، می تواند مدل مناسبی برای بررسی مکانیسم های تنظیم اسمزی در شوری های متفاوت باشد.

کلمات کلیدی: ماهی صبور، آبشش، کلیه، سلول های کلراید، تنظیم اسمزی

* نویسنده مسئول

مقدمه

تنوع بسیار بالای ماهیان به قدرت تنظیم یونی و حفظ همئوستازی بدن آنها برای تسلط بر محیط های مختلف آبی برمی گردد، مخصوصا در مورد ماهی صبور که یک ماهی مهاجر بوده و در طول چرخه زندگی خود با تغییرات شوری مواجه می شود (Drake et al., 2013). گرچه فرایند تنظیم اسمزی در ماهیان توسط مجموعه ای از ساختارها انجام می شود، ولی آبشش ها و کلیه ها مهم ترین و بیشترین نقش را در این فرایند ایفا می کنند (Zydlewski & McCormick, 2002). آبشش ماهی از لحاظ مورفولوژی و عملکردی یک بافت کامل و پیچیده می باشد که فرایندهای فیزیولوژیکی به هم پیوسته ای که برای بقا و حفظ تعادل جاندار در برابر تغییر شرایط داخلی و خارجی حیاتی می باشند را انجام می دهد (Huang et al., 2014). سلول های غنی از میتوکندری از سلول های مهم در تنظیم اسمزی هستند که به طور مستقیم در این تنظیم نقش ایفا می کنند (Gravel et al., 2009). پراکنش، خصوصیات مورفولوژیکی و مساحت سلول های غنی از میتوکندری در اپی تلیوم لاملایی و فیلامنتی آبشش ماهی صبور با تغییر شوری محیط تغییر می کند (Fielder et al., 2007).

از طرفی کلیه، یکی از اندام های مهم ماهیان بوده که نه تنها فعالیت دفعی و تنظیم فشار اسمزی بدن بویژه در قسمت میانی و انتهایی را بر عهده داشته، بلکه دارای نقش خون ساز و بیگانه خواری در قسمت راسی نیز می باشد (Drake et al., 2013).

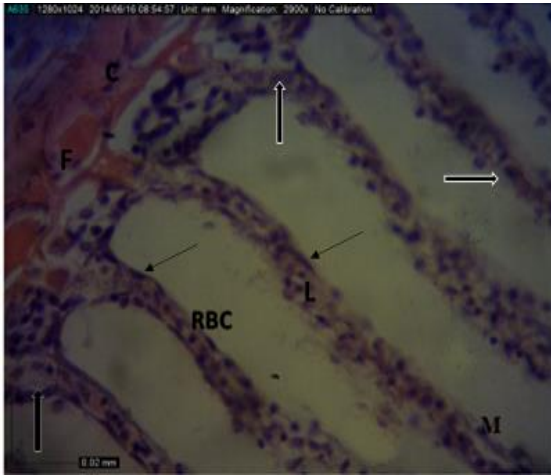
بر اساس مطالعات مشخص گردید که این گونه از اهمیت اقتصادی مهمی برخوردار بوده اما با کاهش شدید ذخایر آن به دلایل مختلف که از جمله می توان به میزان صید و برداشت بی رویه نام برد (Evans, 2008). ماهی صبور تنها ماهی مهاجر آبهای جنوب کشور می باشد که در طی مهاجرت با شوری های مختلفی روبرو می شود ولی تاکنون روی بافت آبشش و کلیه این ماهی بعنوان یک ارگان حیاتی در امر تنظیم اسمزی مطالعه ای صورت نگرفته که این تحقیق می تواند اطلاعاتی پایه در این زمینه فراهم آورد.

مواد و روش کار

در این مطالعه از ۳۰ قطعه ماهی با میانگین طول کل $11/73 \pm 26/93$ سانتی متر و میانگین وزن کل $55/70 \pm 497/63$ در بهار سال ۱۳۹۲ از ایستگاه بندر سجافیه با مختصات جغرافیایی $49^{\circ}26'$ عرضی و $30^{\circ}05'$ طولی در ۳۰ کیلومتری شهرستان هندیجان به عنوان ایستگاه آب شور دریا، ایستگاه رودخانه بهمنشیر به مختصات جغرافیایی $50^{\circ}48'$ عرضی و $18^{\circ}30'$ طولی و ایستگاه رودخانه کارون به مختصات جغرافیایی $15^{\circ}48'$ عرضی و $29^{\circ}30'$ طولی استفاده شد. پس از خارج کردن کمان آبششی دوم از سمت چپ و برش های بافتی تهیه شده از کلیه، نمونه ها در داخل محلول ثبوت بوئن قرار گرفتند (Duggan et al., 2014). نمونه ها پس از گذشت ۲۴ ساعت از بوئن خارج و برای از بین بردن بقایای رنگ زرد ماده تثبیت کننده، چندین بار در الکل ۷۰٪ شستشو داده شدند و برای انجام کارهای بافت شناسی آبیگری نمونه ها با استفاده از سری افزایشی اتانول از ۷۰ تا ۱۰۰ درصد، جهت شفاف سازی از گزلیل و سرانجام بوسیله پارافین پارافینه شدند (Alberto et al., 2005). در مرحله بعد از قالب ها برش های سریالی به ضخامت ۶ میکرون با استفاده از میکروتوم نیمه دیجیتال LEICA مدل RM2245 ساخت آلمان تهیه گردید. برای مطالعات بافت شناسی لام های مربوطه بوسیله هماتوکسیلین-ائوزین رنگ آمیزی شدند. در این تحقیق از هر ماهی ۵ لام از بافت های آبشش و کلیه و از هر لام ۵ میدان میکروسکوپی و در بافت آبشش تعداد ۱۰ سلول کلراید مورد مطالعه قرار گرفت (Duggan et al., 2014). به منظور مقایسه تغییرات مورفومتریک در تعداد و مساحت سلول های کلراید بافت آبشش طی مهاجرت ماهی صبور از دریا به رودخانه های بهمنشیر و کارون از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) در نرم افزار SPSS 16.0 و پس از آزمون Tukey جهت بررسی داده ها استفاده و اختلاف در سطح اطمینان ۹۵٪ مورد پذیرش قرار گرفت ($p < 0/05$). رسم نمودارها نیز در محیط برنامه Microsoft Office Excel 2007 با استفاده از داده های مستخرج از برنامه SPSS انجام گرفت (Wijk & Rintoul, 2014).

نتایج

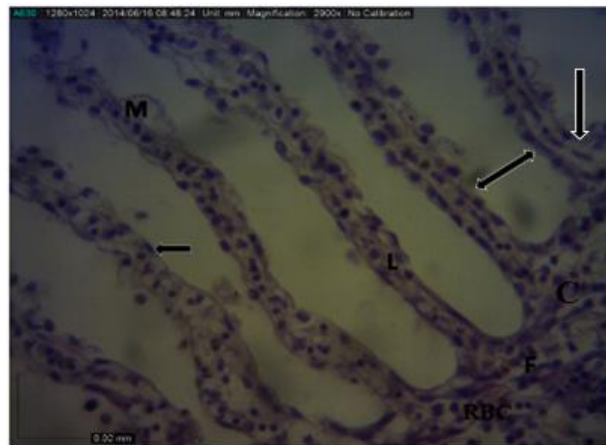
بر اساس مطالعات میکروسکوپی مشخص گردید که در رنگ آمیزی هماتوکسیلین-ئوزین بر روی تیغه ها تعداد زیادی سلول های سنگفرشی، پیلار و تعداد کمتری سلول های جامی که با فاصله از هم قرار داشتند. اما این سلول ها در فضای بین لاملایی دیده نشدند. بر روی قاعده تیغه ها و فضای بین لاملایی سلول های بزرگی به شکل کروی تا کشیده با رنگی روشن وجود داشتند که در واقع سلول های کلراید بوده که تراکم و توزیع این سلول ها در همه بخش ها در نمونه های دریا، کارون و بهمنشیر به یک صورت نبوده است. بیشترین تعداد سلول های کلراید فیلامنت ها در ماهی های دریا دیده شد و تعداد این سلول ها در نمونه های کارون و بهمنشیر به نسبت کمتر مشاهده گردید (اشکال ۱ و ۲).



شکل ۲: بافت آبشش ماهی صبور صید شده از رودخانه بهمنشیر: فیلامنت (F)، لاملا (L)، بافت غضروف (C)، گلبول های قرمز (RBC)، سلول موکوسی (M)، سلول های کلراید (پیکان های عمودی)، سلول پیلار (پیکان افقی) و سلول های پوششی (فلش ها)، (H&E, x2900).

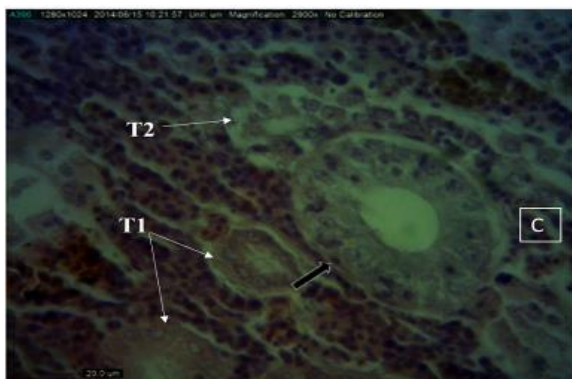
Figure 2: Gill tissue of *Tenulosa ilisha* caught from the Bahmanshir river: Filament (F), Lamella (L), Cartilage tissue (C), Red Blood Cell (RBC), Mucous cell (M), Chloride cell (Vertical arrow), Pillar cell (Horizontal arrow) and Epithelial cell (arrows), (H&E, x2900).

نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که تعداد سلول های کلراید در شوری دریا به طور معناداری بیشتر از ماهی های اخذ شده از رودخانه های بهمنشیر و کارون بوده است ($p < 0.05$). همچنین بر اساس این آزمون مشخص گردید که تعداد سلول های کلراید در شوری های بهمنشیر و کارون فاقد اختلاف معنادار بوده است. با بررسی و اندازه گیری مساحت سلول های کلراید ماهیان در سه محیط مورد نظر مشاهده گردید که میانگین مساحت سلول های کلراید در ماهی های صبور گرفته شده از دریا برابر با $57.95 \pm 1.64 \mu\text{m}^2$ و در نمونه های رودخانه بهمنشیر $47.14 \pm 2.32 \mu\text{m}^2$ و در نمونه های رودخانه کارون میانگین مساحت این سلول ها $46.26 \pm 1.13 \mu\text{m}^2$ گزارش گردید. از طرفی نتایج حاصل از آزمون واریانس یک طرفه نشان داد که مساحت سلول های کلراید در شوری دریا به طور معناداری بیشتر از رودخانه های بهمنشیر و کارون بوده است ($p < 0.05$).



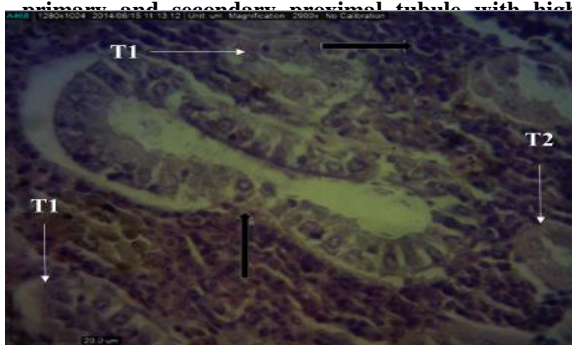
شکل ۱: بافت آبشش ماهی صبور صید شده از رودخانه کارون: فیلامنت (F)، لاملا (L)، بافت غضروف (C)، گلبول های قرمز (RBC)، سلول موکوسی (M)، سلول کلراید (پیکان عمودی)، سلول پوششی (پیکان افقی) و فضای بین لاملایی (پیکان بiscuit)، (H&E, x2900).

Figure 1: Gill tissue of *Tenulosa ilisha* caught from the Karun river: Filament (F), Lamella (L), Cartilage tissue (C), Red Blood Cell (RBC), Mucous cell (M), Chloride cell (Vertical arrow), Epithelial cell (Horizontal arrow) and inter lamellar space (Biscuit Arrow), (H&E, x2900).



شکل ۳: برش عرضی توبول های ادراری ماهی صبور صید شده از رودخانه کارون، توبول های پروکسیمال اولیه و ثانویه به همراه تراکم زیاد میکروویلی (T1)، توبول های دیستال به همراه تراکم اندک میکروویلی (T2)، توبول جمع کننده (پیکان) و بافت همبند بین توبولی (C)، (H&E, x2900).

Figure 3: Transvers section of urinary tubules of *Tenualosa ilisha* caught from the Karun river, primary and secondary proximal tubule with high



شکل ۴: برش عرضی توبول های ادراری ماهی صبور صید شده از رودخانه بهمنشیر، توبول های پروکسیمال اولیه (T1 و فلش عمودی)، ثانویه (فلش افقی) به همراه تراکم زیاد میکروویلی، توبول های دیستال به همراه تراکم اندک میکروویلی (T2)، توبول جمع کننده (پیکان عمودی) و بافت همبند بین توبولی (پیکان افقی)، (H&E, x2900).

Figure 4: Transvers section of urinary tubules of *Tenualosa ilisha* caught from the Bahmanshir river, primary proximal tubule (T1 and Vertical arrow), Secondary (Horizontal arrow) with high density of microvilli, Distal tubule with low density of microvilli (T2), Collectig tubule (Vertical arrow) and inter tubular connective tissue (Horizontal arrow), (H&E, x2900).

همچنین بر اساس این آزمون مشخص گردید با وجود بیشتر بودن میانگین مساحت سلول های کلراید در نمونه های بهمنشیر نسبت به کارون، ولی این اختلاف جزئی بوده و معنادار نبود. بیشترین تعداد این سلولها روی فیلامنت، لاملا، پایه لاملاها و در فضای موجود بین پایه لاملاها و در نمونه های دریا 114 ± 863 مشاهده گردید (جدول ۱ و ۲).

جدول ۱: (Mean±Se) تعداد سلول های کلراید شمارش شده طی مهاجرت از دریا به رودخانه در آبشش ماهی صبور. حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در هر محیط می باشد ($p < 0.05$).

Table 1-1: (Mean ± Se) of chloride cells were counted during migration from sea to river in gill of *Tenualosa ilisha*. Dissimilar letters indicate significant differences in any environment ($p < 0.05$).

دریا	کارون	بهمنشیر
114 ± 863^a	117 ± 564^b	118 ± 562^b

جدول ۲: (Mean±Se) مساحت سلول های کلراید شمارش شده طی مهاجرت از دریا به رودخانه در آبشش ماهی صبور. حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در هر محیط می باشد ($p < 0.05$).

Table 2: (Mean ± Se) area of chloride cells were counted during migration from sea to river in gill of *Tenualosa ilisha*. Dissimilar letters indicate significant differences in any environment ($p < 0.05$).

دریا	کارون	بهمنشیر
164 ± 5795^a	13 ± 4526^b	32 ± 4714^b

در بررسی و مشاهدات انجام گرفته بافت کلیه در زیر میکروسکوپ قسمت های دفعی کلیه یعنی در بخش میانی و خلفی کلیه با داشتن بخش های مختلف نفرون دارای نقش دفعی بوده است. نفرون های ماهی صبور از نوع گلومرول دار بوده که علاوه بر آن، توبول های پروکسیمال، توبول های دیستال و توبول های جمع کننده نیز در آن مشاهده گردید (اشکال ۳، ۴، ۵).

سایر محیط ها با هم اختلاف معناداری مشاهده نگردید ($p > 0.05$) (جدول ۳ و ۴). اشکال ۱، ۲، ۳، ۴ تهیه شده با میکروسکوپ الیمپوس ساخت ژاپن مدل CX21 مجهز با لنز داینولیت و شکل ۵ تهیه شده با میکروسکوپ زایس ساخت آلمان مدل LSM5 می باشد.

جدول ۳: (Mean±Se) تغییرات اندازه قطر لومن قسمت ابتدایی (ردیف بالا) و انتهایی (ردیف پایین) توبول پروکسیمال طی مهاجرت از دریا به رودخانه در کلیه ماهی صبور. حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در هر محیط می باشد ($p < 0.05$).

Table 3: (Mean ± Se) changes of diameter of lumen in primary part (above row) and terminal (down row) proximal tubule during migration from sea to river in kidney of *Tenualosa ilisha*. Dissimilar letters indicate significant differences in any environment ($p < 0.05$).

دریا	کارون	بهمنشیر
$6/77 \pm 0/114^a$	$6/18 \pm 0/117^a$	$7/07 \pm 0/118^b$
$7/76 \pm 0/111^a$	$7/81 \pm 0/111^a$	$7/79 \pm 0/107^a$

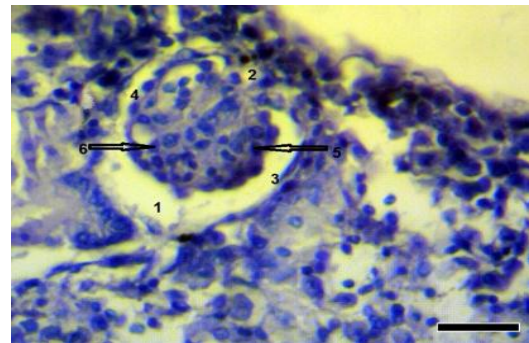
جدول ۴: (Mean±Se) تغییرات اندازه قطر لومن توبول دیستال طی مهاجرت از دریا به رودخانه در کلیه ماهی صبور. حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در هر محیط می باشد ($p < 0.05$).

Table 4: (Mean ± Se) changes of diameter of lumen in distal tubule during migration from sea to river in kidney of *Tenualosa ilisha*. Dissimilar letters indicate significant differences in any environment ($p < 0.05$).

دریا	کارون	بهمنشیر
$9/91 \pm 0/105^a$	$10/06 \pm 0/11^b$	$10/09 \pm 0/101^b$

بحث

آبشش و کلیه در ماهیان به عنوان یکی از مهم ترین اندام های دخیل در امر تنظیم اسمزی در طول مهاجرت از دریا به رودخانه ها و در حفظ تعادل در محیط های هیپواسموتیک و هایپراسموتیک مطرح بوده اند (Allen & Joseph, 2009). محققین با مطالعه بر روی آبشش ماهی قزل آلائی رنگین کمان نشان دادند که سلول های یونوسیت به طور کلی در ناحیه بین تیغه های آبششی قرار می گیرند (Erkmen & Kolankaya, 2009). همچنین



شکل ۵: گلومرول کلیوی ماهی صبور صید شده از دریا، فضای ادراری (۱)، پل عروقی (۲)، لایه جداری کپسول (۳) لایه احشایی کپسول (۴)، سلول مزانژیال (۵) و سلول پودوسیت (۶) (H&E, x2900).

Figure 5: Kidney glomeruli of *Tenualosa ilisha* caught from the sea, Urinary space (1), Vascular bridge (2), Parietal layer of capsules (3), Visceral layer of capsules (4), Mesangial cell (5) and Podocytic cell (6) (H&E, x2900).

با مشاهده و اندازه گیری قطر لومن قسمت های ابتدایی توبول پروکسیمال کلیه ماهی صبور مشخص گردید که با مهاجرت این ماهی از دریا به رودخانه های کارون و بهمنشیر قطر لومن افزایش پیدا می کند که بیشترین تغییر قطر لومن مربوط به ماهی های بهمنشیر با مقدار $7/07 \pm 0/118$ بود. نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه نشان می دهد که این تغییر قطر در ماهی های بهمنشیر دارای اختلاف معناداری نسبت به نمونه های سایر محیط ها است ($p < 0.05$). از طرفی نتایج این آزمون نشان داد که اختلاف معنی داری بین قطر لومن در نمونه های دریا و کارون وجود نداشت ($p < 0.05$). همچنین قطر لومن قسمت انتهایی لوله پروکسیمال در طی مهاجرت ماهی صبور در رودخانه بهمنشیر نسبت به دریا دارای اختلاف معناداری بوده و در بررسی بین نمونه های سایر محیط ها با هم اختلاف معناداری مشاهده نگردید ($p > 0.05$). در بررسی انجام شده بر روی قطر لومن توبول دیستال در نمونه های گرفته شده از بهمنشیر دارای بیشترین افزایش بوده و نتایج حاصل نشان داد که قطر لومن این توبول در نمونه های رودخانه های بهمنشیر و کارون دارای اختلاف معناداری با نمونه های گرفته شده از دریا بود و کمترین مقدار آن در نمونه های دریا با مقدار $9/91 \pm 0/105$ گزارش گردید. در بررسی بین نمونه های

اما در برخی گونه های دیگر مانند تیلاپپای نیل استراتژی متفاوتی وجود دارد به این صورت که با انتقال ماهی به آب شور تعداد سلول های کلراید کاهش پیدا کرده ولی اندازه و مساحت آنها افزایش یافت (Wong & Woo, 2006). افزایش سلول های کلراید در آب دریا در ماهی صبور و ماهیان آزمایش شده توسط سایر محققین می تواند ناشی از نقش این سلول ها در دفع یون های اضافی باشد، در حالی که در آب شیرین آنها مسئول جذب یون ها و جبران یون های از دست رفته در این محیط می باشند (Malakpour *et al.*, 2012). کاهش تراکم و اندازه سلول های کلراید بافت آبشش ماهی صبور با مهاجرت از آب دریا به آب های با شوری پایین تر رودخانه های کارون و بهمنشیر بنا به پیشنهاد تنگ و همکاران (۲۰۱۰) می تواند به دلیل کاهش اختلاف غلظت محیط خارجی و مایعات داخل بدن و در نتیجه نیاز کمتر به دفع یون های اضافی باشد (Tang *et al.*, 2010). با مهاجرت ماهی صبور از دریا به رودخانه های کارون و بهمنشیر قطر لومن قسمت ابتدایی توبول پروکسیمال افزایش یافت که این افزایش در بهمنشیر نسبت به دریا و کارون قابل ملاحظه و معنادار بود که بر اساس پیشنهاد محققین افزایش قطر لومن می تواند به دلیل ورود ماهی به محیط هایپواسموتیک و ورود حجم بالای آب به بدن ماهی و کشیدگی بیشتر لومن اتفاق افتاده باشد (Pearse *et al.*, 2014). در پژوهشی که روی ماهی صبیتی انجام گرفت، با انتقال ماهی از آب با شوری دریا به شوری های پایین تر ۵ppt و ۲۰ قطر لومن توبول پروکسیمال ۲۴ ساعت پس از اعمال شوری افزایش یافت و در روزهای بعد تغییرات محسوسی را نشان داد (Brauner *et al.*, 2012). کمتر بودن قطر لومن توبول های کلیوی ماهی صبور در محیط هایپراسموتیک دریا در واقع یک راهکار سازشی به منظور جلوگیری از دست دادن آب و حفظ تعادل اسمزی محیط داخلی بدن و احتمالاً به دلیل کاهش در میزان فیلتراسیون گلومرولی می باشد. در یک تحقیق با انتقال ماهی (*Etioplus maculatus*) از آب شیرین به شوری های ۳۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ppt مشاهده کردند که قطر لومن به منظور کاهش میزان فیلتراسیون کلیوی کاهش پیدا کرد و در ادامه سازگاری ماهی با محیط قطر لومن به

در یک کار تحقیقی مشخص شده است که در برخی گونه ها سلول های یونوسیت در ناحیه قاعده ای تیغه های آبششی و همچنین بین تیغه ها قرار می گیرند (Guner *et al.*, 2005) که در مطالعه روی این سلول ها در ماهی صبور نیز گزارش گردید. در کنار تمام تحقیقات بیان شده، سلول های کلراید آبشش ماهی صبور روی قاعده تیغه ها و فضای بین لاملایی به شکل کروی مشاهده گردید که تراکم و توزیع سلول های کلراید در همه بخش ها به یک صورت نبود. بر اساس گزارش محققین مشخص گردید که به منظور حفظ تعادل مایعات محیط داخلی بدن ماهیان در مواجهه با شوری های متفاوت، سلول های کلراید دستخوش تغییرات تراکمی، ظاهری و ساختاری می شوند (Partridge & Lymbery, 2010). این گزارش با مطالعه روی این سلول ها در ماهی صبور در شوری های بالا و پایین در دریا و رودخانه های کارون و بهمنشیر نیز گزارش گردید. سلول های کلراید در ماهیان آب شیرین و آب شور از نظر مرفولوژی تفاوت هائی را نشان می دهند (Janech *et al.*, 2006; Evans, 2009). ماهی صبور با تغییراتی در سلول های کلراید بویژه از نظر تعداد در طی مهاجرت از دریا به رودخانه مشاهده گردید بطوریکه تعداد آن در فیلامنت ها رو به کاهش گذاشت. اما اختلاف معناداری در بین نمونه های بهمنشیر و کارون مشاهده نشد که می تواند مربوط به نزدیکی شوری دو محیط باشد. همچنین نتایج نشان داد که هیچگونه اختلاف معناداری در مساحت سلول های کلراید ها در نمونه های بهمنشیر و کارون وجود نداشت. پژوهش های بسیاری در زمینه عملکرد آبشش و سلول های کلراید ماهیان مختلف در طی سازش با محیط هایی با شوری های متفاوت انجام گردیده که با نتایج این پژوهش همسو بود. یک همبستگی مثبت بین شوری و اندازه سلول های غنی از میتوکندری در برخی از گونه ها گزارش شده است (Laiz-Carrión *et al.*, 2009). با انتقال ماهی قزل آلائی رنگین کمان به آب شور تعداد سلول های کلراید لاملایی و فیلامنتی افزایش پیدا کرد (Lee *et al.*, 2006). محققین در مطالعه روی ماهی (*Gillichthys mirabilis cooper*) گزارش کردند که قرار دادن آن در شوری های بالاتر و تا دو برابر شوری اولیه منجر به افزایش تعداد سلول های کلراید می گردد.

alkaline, and ion-poor waters. *Fish Physiology*, 32(5): 435-476. DOI: org/10.1016/j.devcel.2012.10.015

Drake, P., Coleman, L. and Vogwill, R., 2013. The response of semi-arid ephemeral wetland plants to flooding: linking water use to hydrological processes. *Ecohydrology*, 6: 852-862. DOI: 10.1002/eco.1318

Duggan, M., Connolly, R., Whittle, M., Curwen, G. and Burford M., 2014. Effects of freshwater flow extremes on intertidal biota of a wet-dry tropical estuary. *Marine Ecology Progress Series*, 502: 11-23. DOI: https://doi.org/10.3354/meps10719

Erkmen, B. and Kolankaya, D., 2009. The relationship between chloride cells and salinity adaptation in the euryhaline teleost, *Lebistes reticulatus*. *Journal of Animal Veterinary Advances*, pp:888-892. DOI: 10.1002/tox.20556

Evans, D., 2008. Osmotic and ionic regulation. In: Evans D. H. (ed). *The physiology of fishes*. 1st ed. CRC Press Boca Raton, pp: 295-365.

Evans, D., 2009. Teleost fish osmoregulation: what have we learned since August Krogh, Homer Smith, and Ancel Keys. *American Journal of Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 295: 704-713. DOI: 10.1152/ajpregu.90337.2008

Fielder, D., Allan, G. and Pepperall, D., 2007. The effects of changes in salinity on

مقادیر آب شیرین بازگشت (Hiroi & McCormick, 2012). در پژوهشی با قرار دادن سفره ماهی (*Atlantic stingry*) در شوری های پایین تر از آب دریا دریافتند که با افزایش رقت محیط و افزایش میزان فیلتراسیون کلیوی، میزان جریان ادرار ۹ برابر افزایش می یابد که ارتباط مستقیمی با افزایش فعالیت گلومرول ها و توپول های کلیوی در محیط های رقیق دارد (Laiz-Carrion *et al.*, 2009). همچنین در مطالعه ای روی عملکرد کلیه در لامپری رودخانه ای (*Lamprey lamperta*) سازش یافته با آب دریا انجام دادند، بیان داشتند که به دلیل کاهش میزان فیلتراسیون و افزایش بازجذب آب در لوله های کلیوی مخصوصا لوله دیستال میزان ادرار در ماهیان سازش یافته با پنجاه درصد آب دریا نسبت به ماهیان سازگار یافته با آب شیرین بسیار کمتر و در حدود ۰/۱ می باشد (Malakpour *et al.*, 2012).

همانطوریکه در این تحقیق مشاهده گردید به دلیل مشارکت فعال بافت آبشش و سپس کلیه در فرآیند تنظیم اسمزی و پاسخ به شوری های متفاوت این گونه می تواند مدل مناسبی برای بررسی مکانیسم های تنظیم اسمزی در شوری های مختلف باشد.

منابع

Alberto, A., Camargo, A. and Verani, J., 2005. Health variable and gill morphology in the tropical fish *Astyanax fasciatus* from a sewage-contaminated river. *Ecotoxicology*, 61: 247-255. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2004.08.009

Allen, J. and Joseph, J., 2009. Age/size effects on juvenile green sturgeon, *Acipenser medirostris*, oxygen consumption, growth and osmoregulation in saline environments. *Environmental Biology of Fishes*, 14: 123-142. DOI: 10.1002/9780470479193.adlpsy001012

Brauner, C., Gonzalez, J. and Wilson, J., 2012. Extreme environments: hypersaline,

- osmoregulation and chloride cell morphology of juvenile Australian snapper, *Pagrus auratus*. *Aquaculture*, 272: 656-666. DOI:=jbs.2009.710.720
- Gravel, A., Wilson, j. and vijayan, M., 2009.** Non-steroidal anti-inflammatory drugs disturb the Osmoregulatory, metabolic and cortisol responses associated with sea water exposure in rainbow trout, *Comparative Biochemistry and Physiology*, 149: 481-490. DOI: 10.1016/j.cbpc.2008.11.002
- Guner, Y., Ozden, O., Cagirgan, H., Altunok, M. and Kizak, V., 2005.** Effects of salinity on the osmoregulatory functions of the gills in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 29: 1259-1266. DOI: 10.5897/AJB11.3759
- Hiroi, J. and McCormick, S., 2012.** New insights into gill ionocyte and ion transporter function in euryhaline and diadromous fish. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, 184: 257-268. DOI: 10.1016/j.resp.2012.07.019
- Huang, H., Yang, Y., Li, X., Yang, J., Lian, J., Lei, X., Wang, D. and Zhang, J., 2014.** Benthic community changes following the Hainan flood: implications for reef resilience. *Marine Biology Research*, 10: 601-611. DOI: full/10.1080/17451000
- Janech, M., Fitzgibbon, W., Ploth, D. and Miller, D., 2006.** Effect of low environmental salinity on plasma composition and renal function of the Atlantic stingray, euryhalin elasmobranch. *The American Journal of Physiology - Renal Physiology*, 291: 770-780. DOI:10.1152/ajprenal.00026.2006
- Laiz-Carrion, R., Guerreiro, P. and Mancera, J., 2009.** Branchial osmoregulatory response to salinity in the gilthead sea bream, *Sparus aurata*. *Journal of Experimental Zoology*, 303: 563-576. DOI:10.1111/j.1095-8649.2012.03319
- Lee, K., Kaneko, T., Katoh, F. and Aida, K., 2006.** Prolactin gene expression and gill chloride cell activity in fugu *Takifugu rubripes* exposed to a hypoosmotic environment. *Gene and Comparative Endocrinology*, 149: 285 -293. DOI:10.1002/ar.1092350211
- Malakpour, S., Hajimoradloo, A., Ghorbani, H. and Wilson, J., 2012.** Effects of gradual salinity increase on osmoregulation in Caspian roach *Rutilus caspicus*, *Journal of Fish Biology*, 81: 125 -134. DOI:10.1111/j.1095-8649. 2012. 03317.
- Partridge, G. and Lymerby, A., 2010.** The effect of salinity on the requirement for potassium by barramundi, *Lates calcarifer* in saline groundwater. *Aquaculture*, 278: 164 -170. DOI:10.1111/are.12433
- Pearse, D., Miller, M., Abadia-Cardoso, A. and Garza, J., 2014.** Rapid parallel evolution of standing variation in a single, complex, genomic region is associated with life history in steelhead/rainbow trout. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281: 201-212. DOI: 10.1098/rspb.2014.0012

- Tang, C., Wu, W., Tsai, S. and Lee, T., 2010.** Elevated Na⁺, K⁺-ATPase responses and its potential role in triggering ion reabsorption in kidneys for homeostasis of marine euryhaline milkfish, *Chanos chanos* when acclimated to hypotonic fresh water. *Journal of Comparative Physiology Part B*, 180: 813-824. DOI:134.208.10.216:8080
- Wijk, E. and Rintoul, S., 2014.** Freshening drives contraction of Antarctic bottom water in the Australian Antarctic Basin. *Geophysical Research Letters*, 41: 1657-1664. DOI:10.1002/2013GL058921
- Wong, M. and Woo, N., 2006.** Changes in renal morphometrics in silver sea bream (*Sparus sarba*) on exposure to different salinities. *Journal of Fish Biology*, 69: 770-782. DOI:pjbs.2009.11.18
- Zydlewski, J. and McCormick, S., 2002.** Developmental and environmental regulation of chloride cells in young American Shad, *Alosa sapidissima*, *Journal of Experimental Zoology*, 290: 73-78. DOI: 22.1008/rddb.2002.0013

