# مقایسه‌ی مصرف اکسیژن در سه گونه دو جورپای آب شیرین *Gammarus loeffleri*، *G. crinicaudatus* و *G. zagrosensis* در شوری‌های مختلف

**زهرا زهری *، مهرداد زمانپور و اکبر وحدتی**

گروه زیست شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات نیریز

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۲۵

## چکیده

**فرآیند تنفس و میزان مصرف اکسیژن در بی‌مهرگان آبزی از جمله گاماروس تحت تاثیر فشار اسمزی و شوری آب است. در بررسی این، تاثیر سه گونه دوجورپا از سه منطقه‌ی زیست‌محیطی متفاوت، از چشمه‌های مختلف در استان فارس جمع‌آوری شدند. مصرف اکسیژن به مدت یک ساعت در ۵ شوری مختلف ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ قسمت درهزار در دمای ثابت ۱۵ درجه‌ی سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنادار در شوری‌های ۱۰- ۴ قسمت در هزار بود. مصرف اکسیژن از شوری ۲ تا ۶ افزایش و سپس کاهش یافت، این نتیجه در هر سه گونه یکسان بود. مقدار مصرف اکسیژن در گونه‌ی *G. crinicaudatus* در شوری ۶ قسمت درهزار از دیگر گونه‌ها بیشتر بود (میانگین ۴۵/۰ میلی‌گرم در لیتر در ساعت). با توجه به تفاوت شوری و ثابت بودن دیگر متغیرهای محیطی، می‌توان گفت که گونه‌ی *G. crinicaudatus* از دو گونه‌ی دیگر توان تحمل و سازگاری بیشتری در برابر افزایش میزان شوری داشت. شوری ۶ قسمت درهزار در هر سه گونه بحرانی بود، زیرا آن‌ها در این شوری بیش‌ترین مصرف اکسیژن (میانگین ۳۴/۰ در *G. zagrosensis*، ۴۵/۰ در *G. crinicaudatus*، و ۳۱/۰ میلی‌گرم در لیتر در ساعت در *G. loeffleri*) را داشتند.**

**واژگان کلیدی:** *G. loeffleri, G. zagrosensis, G. crinicaudatus*، مصرف اکسیژن، شوری

*نگارنده پاسخگو: zohari.zahra@gmail.com

**مقدمه**

زیر شاخه‌ی سخت‌پوستان با بیش از ۴۰۰۰۰ گونه در ۱۰ رده طبقه‌بندی شده است. جنس گاماروس از راسته‌ی Amphipoda (دوجورپایان) در رده‌ی Malacostraca قرار دارد (Barnes *et al.*, ۲۰۰۱).

این جانوران با تغذیه از مواد آلی محیط، با منشا گیاهی و حیوانی و در بعضی از گونه‌ها گاهی با صید طعمه، در انتقال ماده و انرژی به سطوح بالاتر زنجیره‌ی غذایی، نقش مهمی برعهده دارند. آن‌ها در آب‌هایی که از نظر اکسیژن و آهک زیاد فقیر نباشد زندگی می‌کنند. همچنین این جانوران از شاخص‌های زیستی آلودگی آب اند. از آن‌جا که برخی از این دوجورپایان میزبان حدواسط برخی از انگل‌های ماهی‌ها هستند، شناخت آن‌ها در کنترل انگل‌ها نیز می‌تواند مؤثر باشد (Barnard & Barnard, ۱۹۸۳, Iversen & Jessen, ۱۹۷۷)

جانوران آبزی معمولا به‌دلیل کمبود اکسیژن محلول در آب با مشکل کاهش اکسیژن روبه‌رو هستند. میزان اکسیژن محلول در آب بسته به عواملی مانند دما، شوری و ترکیبات نیتروژن‌دار متغیر است، و تغییر کردن غلظت اکسیژن نیز به‌نوبه‌ی خود بر حیات جانوران آبزی تاثیر می‌گذارد.

شوری یکی از عوامل موثر بر فشار اسمزی محیط آبی است، و با تغییر فشار اسمزی محیط، متابولیسم جانوران آبزی نیز تغییر پیدا می‌کند (Barnes ۲۰۰۱; Allan, ۲۰۰۶). در بیش‌تر سخت‌پوستان سرعت متابولیسم از فشار اسمزی محیط آن‌ها تاثیر می‌گیرد. جانوران آبزی برای حفظ فشار اسمزی محیط داخلی و تنظیم دمای درونی بدن، متناسب با شرایط آبی محیط زیست‌شان، میزان متابولیسم خود را تغییر می‌دهند، به این ترتیب مصرف اکسیژن توسط این جانوران می‌تواند شاخصی برای میزان متابوسیم آن‌ها باشد (اشمیت-نیلسون ۱۹۹۷، Wolvekamp & Waterman ۱۹۶۰).

پاسخ جانداران به شوری پیچیده و حتی در یک گونه متفاوت است. مشخص شده است که تغییر فشار اسمزی محیط بر متابولیسم اثر می‌گذارد (Barnes *et al.*, ۲۰۰۱; Allan ۲۰۰۶). آبزیان در شوری‌های مختلف مجبور به تنظیم غلظت مایعات بدن خود هستند. چگونگی این تنظیم در مورد جانوران آب شیرین و شور با یکدیگر متفاوت است. هنگامی‌که فشار اسمزی بدن یک جانور نسبت به محیط اطراف بیشتر (هیپراسموتیک) باشد (مانند جانوران ساکن آب شیرین) جانور با دو مساله‌ی فیزیولوژیکی رو به رو خواهد بود: ۱- ورود آب به داخل بدن به علت غلظت بیشتر محیط داخلی موجود، ۲- تمایل به دفع مواد محلول از بدن بر اثر افزایش تراکم این مواد در محیط داخلی بدن جانور. از آن‌جا که سطوح تنفسی برای مبادله‌ی گازهای تنفسی بسیار نازک و وسیع شده است، بیش‌ترین مقدار مواد محلول از این راه از دست می‌رود و آب نیز از این راه جذب می‌شود. جانوران آبزی برای حفظ و تنظیم فشار اسمزی محیط داخلی مجبور به انتقال فعال یون‌ها به درون بدن خود هستند. انتقال فعال همراه با صرف انرژی است، بنابراین هنگامی‌که جانور در محیطی متفاوت نسبت به محیط طبیعی خود از نظر اسمزی مواجه شود، مقدار مصرف انرژی آن افزایش می‌یابد. شوری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی، تاثیرات متفاوتی بر تنفس و مصرف

اکسیژن جانداران آبزی، از جمله *گاماروس‌ها* دارد (اشمیت- نیلسون ۱۹۹۷; Barnes *et al.*, ۲۰۰۱ Allan, ۲۰۰۶ ;).

پاسخ متابولیکی به تغییر شوری پیچیده است. این پاسخ همراه با افزایش فعالیت‌های متابولیسمی است و احتیاج به انرژی دارد؛ بنابراین تغییرات شوری محیط منجر به تغییر متابولیسم در جانور خواهد شد (Barnes *et al.*, ۲۰۰۱).

هنگامی‌که جانداران آبزی با تغییرات شوری محیط روبه‌رو شوند، مجموعه‌ای از تغییرات فیزیولوژیکی را نشان می‌دهند. بسیاری از گونه‌ها نمی‌توانند شوری زیاد را تحمل کنند یا آن را جبران نمایند. تغییرات فیزیولوژیکی به‌وسیله‌ی مقدار کم نمک محیط نیز به‌وجود می‌آید. در نتیجه این جانوران با کاهش نمک، افزایش متابولیسم را نشان می‌دهند. برعکس، افزایش متوسط شوری محیط نیز متابولیسم آن‌ها را کاهش می‌دهد و سرانجام موجب مرگ آن‌ها می‌شود (Barnes *et al.*, ۲۰۰۱).

جانوران مختلف واکنش‌های متفاوتی به تغییرات شوری محیط نشان می‌دهند. این تغییرات را در چهار گروه می توان دسته‌بندی کرد: ۱) افزایش متابولیسم جانور با کاهش شوری و یا کاهش متابولیسم جانور با افزایش شوری محیط، ۲) افزایش متابولیسم جانور با کاهش یا افزایش شوری محیط، ۳) کاهش متابولیسم جانور با کاهش یا افزایش شوری محیط ، ۴) عدم تغییر متابولیسم جانور با تغییرات شوری محیط( Wooldridge, ۱۹۹۹; Rowe, ۲۰۰۲).

جمعیت‌های گاماروس شوری‌های ۱۰- ۰ قسمت در هزار را تحمل کرده و به آن سازگار می‌شوند، ولی تغییر در میزان شوری محیط باعث بروز تغییرات فیزیولوژیکی در آن ها می‌شود. از جمله‌ی این تغییرات می‌توان به توقف زادآوری یا تغییر اندازه‌ی بدن به‌دلیل استرس وارد شده به آن‌ها اشاره کرد. مشخص شده است که اگر *گاماروس* آب شور در محیطی پرورش پیدا کند که شوری آن کم‌تر از شوری محیط طبیعی باشد، اندازه‌ی بدن آن‌ها افزایش می‌یابد

(Stock & Pinkster, ۱۹۶۰).

مطالعات رده‌بندی و ریخت‌شناسی گونه‌های گاماروس ایران به‌تازگی آغاز شده است، ولی جنبه‌های فیزیولوژی آن‌ها هنوز بررسی گردیده است، لذا اطلاعات اندکی در این باره وجود دارد. با بررسی و مطالعه‌ی فیزیولوژی سازگاری این جانداران در شرایط متفاوت می‌توان اطلاعات مناسبی از چگونگی سازگاری آن‌ها در شوری‌های مختلف به‌دست آورد. به این ترتیب با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر و شور شدن آب‌ها می‌توان به جنبه‌های حفاظتی آن‌ها و بی مهرگان آبزی دیگر کمک کرد. از سوی دیگر با توجه به اثرهای شوری بر متابولیسم، زادوولد و اندازه‌ی بدن، آگاهی از شرایط مناسب از نظر شوری برای پرورش این موجودات بسیار اهمیت دارد (Stock & Pinkster, ۱۹۶۰).

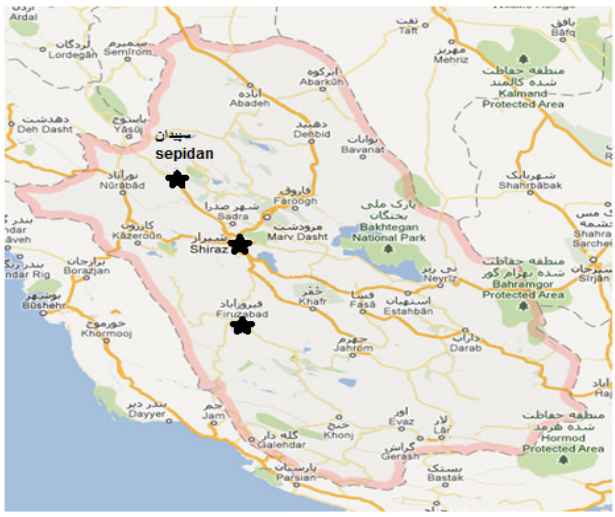
در این پژوهش به یکی از ویژگی‌های فیزیولوژی در سه گونه‌ی گاماروس ساکن در چشمه‌های استان فارس با دما و شوری های متفاوت پرداخته شد و اثر شوری‌های مختلف بر میزان مصرف اکسیژن در این گونه‌ها بررسی گردید. این چشمه‌ها از نظر دما و شوری متفاوتند. (Zamanpoore *et al.*, ۲۰۱۱).

## مواد و روش کار

میزان اکسیژن مصرفی در ۵ تیمار مختلف شوری به‌عنوان شاخص متابولیسم (اشمیت-نیلسون، ۱۹۹۷) در سه گونه از سخت‌پوستان جنس گاماروس اندازه‌گیری شد.

نمونه‌های بالغ گاماروس در مرداد ماه ۱۳۹۰ ساعت ۷ صبح به وسیله‌ی توری با قطر چشمه‌ی ۰/۵ میلی‌متر از سه چشمه به شرح زیر برداشت گردید: گونه‌ی *G. zagrosensis* از چشمه‌ی خانی‌ورگ سپیدان، *G. Crinicaudatus* از چشمه‌ی انجیره‌ی شیراز و گونه‌ی *G. loeffleri* از چشمه‌ی حنیفقان فیروزآباد (شکل ۱). نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. برای نگهداری آن‌ها در آزمایشگاه، آب ظرف نگهداری روزی یک‌بار با آب معدنی عوض می‌شد. اکسیژن مورد نیاز این جانوران با استفاده از دستگاه هواده معمولی آکواریومی تامین گردید. برای تغذیه‌ی گاماروس ها، در مدت نگه‌داری از برگ‌های خشک درختان استفاده شد.

گونه‌ی *G. zagrosensis* در همه‌ی زیست‌گاه‌های خود با گونه‌ی *G. sepidannus* هم‌جا است. از آن‌جا که تشخیص این دو گونه از یکدیگر از نظر ظاهری در هنگام نمونه برداری ممکن نیست، این دو گونه با هم جمع‌آوری شدند؛ سپس در آزمایشگاه، نرهای دو گونه شناسایی و از یکدیگر جدا شدند (Zamanpoore *et al.*, ۲۰۱۱).




**شکل۱- نقشه‌ی استان فارس (شهرستان‌های شیراز، سپیدان و فیروزآباد. سایت بهراه، ۱۳۸۸)**

در تحقیقات مربوط در مورد شوری آب (Sutcliffe, ۱۹۷۰) از کلرید سدیم استفاده شد. در این پژوهش برای بررسی اثر شوری، ۵ تیمار شوری شامل محلول‌های ۲، ۴، ۶، ۸، و ۱۰ قسمت در هزار کلرید سدیم در آب مقطر تهیه شد.

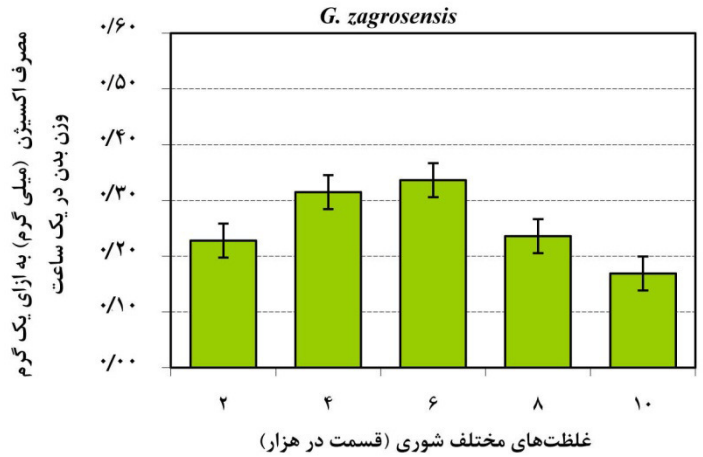
برای سازگار شدن با شرایط آزمایشی، نمونه‌های مورد آزمایش و محلول‌های تهیه شده جداگانه به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۵ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس نمونه‌های هر گونه جداگانه در گروه‌های ده‌تایی در محلول‌های تیمار قرار داده شد. دما در مدت آزمایش با کمک مخلوط یخ خرد شده ثابت نگه داشته شد (۱۵ درجه‌ی سانتی-

گراد). پیش از شروع آزمایش غلظت اکسیژن محلول به‌وسیله‌ی اکسیژن‌متر (WTW oxy ۳۲۰) اندازه‌گیری شد. این اندازه‌گیری پس از یک ساعت تکرار شد، تا با محاسبه‌ی تفاوت میان غلظت آغاز و پایان، مقدار اکسیژن مصرف شده در این مدت به‌دست آید. در پایان آزمایش وزن جمعی هر گروه ده‌تایی از نمونه‌ها با ترازوی دیجیتال ( با دقت ۰۱/۰گرم) اندازه‌گیری شد. مقدار اکسیژن مصرف شده در هر گروه ده‌تایی بر وزن کل نمونه‌ها تقسیم شد تا متغیر "مصرف اکسیژن به ازای یک گرم وزن بدن در مدت یک ساعت" به‌دست آید. در زمان انجام آزمایش، در ظرف‌هایی که نمونه‌های گاماروس داخل آن قرار داشتند بسته بود و با محیط بیرون و منبع اکسیژن ارتباطی نداشت. مجموعه ی این آزمایش ۵ بار تکرار شد. برای محاسبات آماری آزمون دانکن و تحلیل پراش (ANOVA) به‌کار رفت.

**نتایج**

نتایج آزمایش‌ها در *G. zagrosensis* نشان داد که مصرف اکسیژن به ازای یک گرم وزن بدن از شوری ۲ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۲۲ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۰۴) تا ۶ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۳۴ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۰۵) افزایش داشت، و پس از آن با بالا رفتن شوری به غلظت‌های ۸ و ۱۰ قسمت‌درهزار، کاهش مصرف اکسیژن دیده شد. تفاوت افزایش مصرف اکسیژن در شوری‌های ۴ تا ۶ قسمت‌درهزار خیلی کم بود. بیش‌ترین مصرف اکسیژن در شوری ۶ قسمت‌درهزار، و کم‌ترین مصرف اکسیژن در شوری ۱۰ قسمت‌درهزار (میانگین = ۱۰/۰ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۱۷) بود شکل (۲).

مصرف اکسیژن در شوری‌های ۴ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۳۲ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۰۵) و ۶ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۳۴ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۰۳) با شوری ۱۰ قسمت‌درهزار تفاوت معنی‌دار داشت ($P \leq ۰/۰۵$).



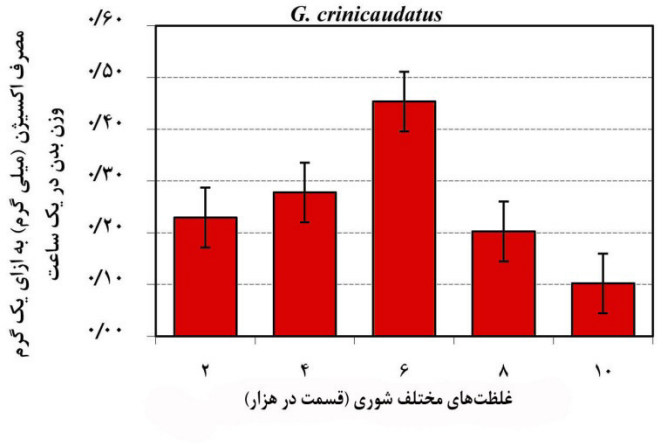

**شکل ۲- تغییرات مصرف اکسیژن در *G. zagrosensis* در شوری‌های مختلف.**

**(میله‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار است.)**

مقدار مصرف اکسیژن در *G. crinicaudatus* از شوری ۲ تا ۴ قسمت‌درهزار به تدریج افزایش یافت، اگرچه تفاوت آماری معناداری نداشت ($P > ۰/۰۵$). از شوری ۴ تا ۶ قسمت‌درهزار افزایش شدیدی در مصرف اکسیژن دیده

شد. بیش‌ترین مصرف اکسیژن مربوط به شوری ۶ قسمت‌درهزار بود (میانگین = ۰/۴۵ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۱۲). این مقدار از شوری ۶ تا ۸ قسمت‌درهزار به‌شدت کاهش یافت. واکنش نمونه‌ها به این دو میزان شوری (۶ و ۸ قسمت‌درهزار) از نظر مصرف اکسیژن با یکدیگر و با شوری‌های ۲ و ۴ قسمت‌درهزار تفاوت آماری معناداری داشت ($P \leq$ ۰/۰۵). از شوری ۸ تا ۱۰ قسمت‌درهزار کاهش تدریجی در مصرف اکسیژن دیده شد. کم‌ترین مصرف اکسیژن به ازای یک گرم وزن بدن در این گونه نیز در شوری ۲ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۲۳ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۰۹) و شوری ۱۰ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۱۰ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۰۵) بود شکل (۳).

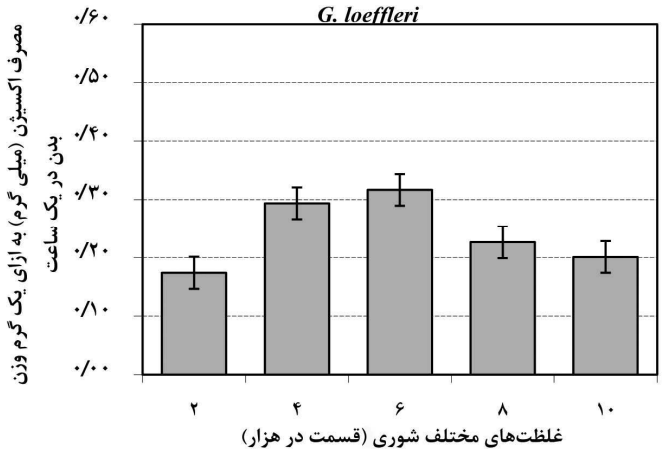
مصرف اکسیژن در شوری ۱۰ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۱۰ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۰۵) با شوری‌های ۲ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۲۳ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۰۹)، ۴ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۲۸ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۱۰) ، و ۶ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۴۵ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۱۲) اختلاف داشت ($P \leq$ ۰/۰۵).




**شکل ۳- تغییرات مصرف اکسیژن در *G. crinicaudatus* در شوری‌های مختلف.**

**(میله‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار است.)**

مقدار مصرف اکسیژن به ازای هرگرم وزن بدن در *G. loeffleri* نیز از شوری ۲ تا ۶ قسمت در هزار افزایش نشان داده بیش‌ترین میزان مصرف اکسیژن در شوری ۶ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۳۱ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۰۶)، دیده شد. کم‌ترین مقدار مصرف نیز همانند گونه‌های دیگر در شوری ۲ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۱۷ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۰۴)، دیده شد. در شوری‌های ۶ تا ۱۰ قسمت‌درهزار به‌طور تدریجی کاهش مصرف اکسیژن رخ داد شکل( ۴). مصرف اکسیژن در شوری ۲ با ۶ قسمت‌درهزار، و شوری ۸ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۲۳، انحراف معیار = ۰/۰۳) با ۱۰ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۲۰ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۰۳)، اختلاف معنی‌دار داشت ($P \leq$ ۰/۰۵).




**شکل ۴- تغییرات مصرف اکسیژن در *G. loeffleri* در شوری‌های مختلف.**

**(میله‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار است.)**

در مقایسه‌ی نتایج آماری بدست آمده در مورد گونه‌ها با یکدیگر با آزمون دانکن و تحلیل پراش (ANOVA) دیده شد که مقدار اکسیژن مصرفی به‌ازای یک گرم وزن بدن در یک ساعت در گونه‌ی *G. crinicaudatus* در شوری‌های ۶ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۴۵ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۱۲) و ۸ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۲۰ میلی‌گرم، انحراف معیار = ۰/۰۹) بیش‌تر از گونه‌های دیگر بوده و تفاوت معناداری با آن‌ها داشت ($P \leq$ ۰/۰۵). بیش ترین مقدار مصرف اکسیژن در گونه‌ی *G. crinicaudatus* ، در شوری ۶ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۴۵ میلی‌گرم)، و کم‌ترین آن در همین گونه در شوری ۱۰ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۱۰ میلی‌گرم)، بود. مصرف اکسیژن در هر سه گونه در شوری ۲ و ۱۰ قسمت‌درهزار کم‌ترین مقدار را داشت ($P \leq$ ۰/۰۵).

*G. loeffleri* در اغلب شوری‌ها نسبت به دو گونه‌ی دیگر مصرف اکسیژن کم‌تـری را نشان داد.

## بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر شوری محیط در محدوده‌ی۲-۱۰ قسمت‌درهزار بر متابولیسم سه گونه از سخت‌پوستان جنس گاماروس بررسی شد.

با افزایش میزان شوری از ۲ تا ۶ قسمت‌درهزار مقدار مصرف اکسیژن به ازای هر گرم وزن بدن در هر سه گونه افزایش یافت شکل‌های (۲ تا ۴). این یافته با واقعیت‌های فیزیولوژیکی مطابقت دارد، چون تنظیم فشار اسمزی مایعات بدن با صرف انرژی همراه است، با افزایش شوری محیط، متابولیسم تا حد معینی افزایش می‌یابد. از آن‌جا که مصرف اکسیژن پی‌آمد افزایش متابولیسم است، به دنبال افزایش متابولیسم، مصرف اکسیژن نیز افزایش می‌یابد (اشمیت-نیلسون ۱۹۹۷).

از سوی دیگر، در همه‌ی آزمایش‌ها مصرف اکسیژن با افزایش شوری (به ۸ تا ۱۰ قسمت‌درهزار) کاهش یافت (شکل-های ۲ تا ۴). دانسته‌های مربوط به تاثیر کاتیون‌ها بر آنزیم‌های متابولیکی، نتایج این پژوهش مبنی بر کاهش یافتن تنفس در شوری‌های بالا را تایید می‌کند. ثابت شده است که کاتیون‌هایی مانند $Na^+$ و $K^+$ آنزیم‌های متابولیکی را

به شدت مختل می‌کنند (اشمیت-نیلسون ۱۹۹۷). این یافته می‌تواند نشان‌دهنده‌ی کاهش متابولیسم باشد. اگر غلظت نمک‌ها به مقدار زیادی افزایش یابد، این سازوکار می‌تواند با کاهش کارکرد آنزیم‌های متابولیکی، فعالیت متابولیسمی را کم کند، و در نتیجه نیاز به مصرف اکسیژن در جانور کاهش می‌یابد (Allan, ۲۰۰۶). این توضیح با یافته‌های این پژوهش هم‌خوانی دارد.

از سوی دیگر، تاثیر بازدارنده‌ی برخی یون‌ها بر کارکرد هموسیانین و رهاسازی اکسیژن از آن، که می‌تواند جلوی مصرف شدن اکسیژن در سلول‌های بدن را بگیرد، می‌تواند نتایج این پژوهش مبنی بر کاهش مصرف اکسیژن در شوری‌های بالاتر را توجیه کند. گفته می‌شود که یون‌هایی مانند $Na^+$ و $C1^-$ تمایل اکسیژن به هموسیانین خارج سلولی را کاهش می‌دهد (اشمیت-نیلسون ۱۹۹۷). این پدیده با افزایش شوری محیط و بالا رفتن غلظت یون‌های سدیم و کلر خود را نشان می‌دهد. در این شرایط، متابولیسم افزایش می‌یابد و در نتیجه‌ی آن با افزایش تولید محصولات آمونیاکی و ترکیب آن با $H^+$ باعث افزایش pH می‌شود، که آن نیز به‌نوبه‌ی خود موجب بازدارندگی آزاد شدن اکسیژن از هموسیانین می‌شود (Mangum ۱۹۷۶). در نتیجه، با پر شدن ظرفیت این رنگ‌دانه‌ی حمل‌کننده‌ی اکسیژن، امکان حل شدن مقدار بیش‌تر آن در همولنف وجود ندارد، و بنابراین مصرف اکسیژن به‌دلیل دست‌رسی نداشتن بافت‌ها به آن کاهش می‌یابد.

نتایج مقایسه‌ی میزان مصرف اکسیژن سه گونه در هر شوری (شکل‌های ۲ تا ۴) نشان داد که هر سه گونه مصرف اکسیژن را در شوری‌های مختلف با یک روند یک‌سان تغییر دادند. این روند شامل افزایش تنفس از شوری ۲ تا ۶ قسمت‌درهزار و سپس کاهش آن تا شوری ۱۰ قسمت‌درهزار بود. سه گونه‌ی مورد آزمایش از گروه گونه‌یی *G. pulex* هستند (Karaman & Pinkster, ۱۹۷۷). بررسی‌های ریخت‌شناسی انجام شده‌ی بعدی نیز نشان‌هنده‌ی همسانی و خویشاوندی بسیار زیاد این سه گونه به یکدیگر است (Zamanpoore *et al.,* ۲۰۰۹, ۲۰۱۰, and ۲۰۱۱). این مطلب می‌تواند نتیجه‌ی آن باشد که سه گونه، از نظر فیلوژنی نیز گونه‌هایی نزدیک به یکدیگراند، و در گذر زمان به دلیل جدایی جغرافیایی و سازش با محیط خود از نیایی مشترک جدا شده اند، و فشارهای محیطی مختلف، زمینه‌ی گونه‌زایی آن‌ها را فراهم کرده است (Zamanpoore, *in Press*). این سه گونه پس از جدا شدن، پاسخ‌های فیزیولوژیکی متفاوتی را برای سازش با شرایط اسمزی متفاوت محیط‌های اختصاصی خود به‌دست آورده اند. این پاسخ‌ها هر یک می‌تواند بازتاب تکامل جانور در برابر فشارهای سازشی محیط‌های آن‌ها باشد (همان).

گونه‌ی *G. crinicaudatus* در این پژوهش در شوری ۶ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۴۵) و ۸ قسمت‌درهزار (میانگین = ۰/۲۰) از دو گونه‌ی دیگر افزایش بیش‌تری در تنفس را نشان داد (شکل‌های ۲ تا ۴). بررسی منابع نشان می‌دهد که شوری زیست‌گاهی که این گونه از آن برداشته شده است، در حد وسط میزان شوری دو منطقه‌ی دیگر است (Zamanpoore *et al.*, ۲۰۱۱)، اما پراکندگی این گونه در چشمه‌هایی است که گستره‌ی وسیعی را از شوری نشان می‌دهد، از جمله در چشمه‌ی قلعه نارنجی کازرون، که غلظت شوری آن بالاتر است (Zamanpoore *et al.*, ۲۰۱۱). بنابراین به‌نظر می‌رسد که این گونه در طبیعت توان سازش بیش‌تری برای زیستن در شوری‌های بالاتر را دارد. بالاتر بودن توان این گونه برای تحمل شوری نشان‌دهنده‌ی وجود سازش‌های احتمالی برای ادامه‌ی کارکرد

آنزیم‌های متابولیکی و ادامه‌ی فعالیت متابولیسم و تنفس است. اگر چنین باشد، این گونه باید بتواند در شوری‌های بالاتری مانند ۶ و ۸ قسمت‌درهزار کارکرد متابولیکی بهتر، و در نتیجه تنفس بیش‌تری داشته باشد. این فرض با یافته‌های این پژوهش هم‌خوانی دارد.

پژوهش‌های بیش‌تر برای دست‌یابی به مناسب‌ترین شوری برای ماندگاری، افزایش زادآوری، اندازه‌ی جثه و ذخیره‌ی گلیکوژن بدن می‌تواند درک بهتری از واکنش‌های زیستی این گونه‌ها در شرایط دشوار محیطی برای رسیدن به جنبه‌های کاردبردی به‌دست دهد.

**سپاس‌گزاری**

از بخش آب‌زیان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس برای ایجاد و امکان استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی، سرکار خانم مهندس لادن جوکار برای کمک در تحلیل‌های آماری، جناب آقای ابراهیم هاشم نیا و سرکارخانم مهندس پریا ساجدیان برای کمک در جمع‌آوری نمونه‌ها و انجام آزمایش‌ها، و جناب آقای دکتر کاوه صمیمی، سرکار خانم مهندس زکیه و مهرانا زهری برای فرستادن کتاب‌ها و مقاله‌های سودمند، تشکر و قدردانی می نماییم.

**منابع**

اشمیت-نیلسون، نات. ۱۹۹۷. فیزیولوژی سازش و محیط. ویرایش چهارم، (ترجمه‌ی فتح‌پور ح. و وحدتی ع.ا. ۱۳۷۴). انتشارات دانشگاه اصفهان. اصفهان. ایران.

Allan, E.L., Froneman, P.W. & Hodgson, A.N. ۲۰۰۶. Effect of temperature and salinity on the standard metabolic rate (SMR) of the estuarine shrimp *Palaemon peringueyi*. Experimental Marin Biology and Ecology, ۳۳۷: ۱۰۳ - ۱۰۸.

Barnard, J.L. & Barnard, C.M. ۱۹۸۳. Freshwater Amphipoda of the world. (۲ volumes). Vol. I. Hayfield Associates, Virginia.

Barnes, R.S.K., Calow, P., Olive, P.J.W., Golding, D.W. & Spicer, J.I. ۲۰۰۱. The Invertebrate: A synthesis. Third edition. Blackwell science Oxford.

Iversen, T.M. & Jessen, J. ۱۹۷۷. Life cycle, drift and production of *Gammarus pulex* L. (Amphipoda) in a Danish spring. Freshwater Biology, ۷: ۲۸۷ - ۲۹۶.

Karaman, G.S. & Pinkster, S. ۱۹۷۷. Fresh water Gammarus species from Europe, North Africa and adjacent regions of Asia (Crustacea, Amphipoda), part I. *Gammarus* pulex-group and related species. Bijdragen Tot De Dierkunde. ۴۷(۱), ۱–۹۷.

Mangum, C.P., Both, C.E., Defur, P.L., Heche, N.A., Henry, R.P., Oglesby, L.C. & Polites, G. ۱۹۷۶. The ionic environment of hemocyanin in *Limulus polyphemus*. Boil Bull, ۱۵۰: ۴۵۳ - ۴۶۷.

Rowe, C.L. ۲۰۰۲. Differences in maintenance energy expenditure by two estuarine shrimp (*Palaemonetes pugio* and *P. vulgaris*) that may permit partitioning of habitats by salinity. Biochem Physiol, A ۱۳۲: ۳۴۱–۳۵۱.

Stock, J.H. & Pinkster, S. ۱۹۶۰. Irish and fresh water population of *Gammarus duebeni* sub specifically different from brakish water populations. Nature, ۲۲۸: ۸۷۴-۸۷۵.

Sutcliffe, D.W. ۱۹۷۰. Experimental population of *Gammarus duebeni* in fresh water with a low sodium content. Nature, ۲۲۸(۵۲۷۴): ۸۷۵-۶.

Wolvekamp, H.P. & Waterman, T.H. ۱۹۶۰. Respiration, In: The physiology of crastacea. Vol, I: Metabolism and growth, Academic Press.

Wooldridge, T.H. ۱۹۹۹. Estuarine zooplankton community structure and dynamics. In: Allanson, B.R., Baird, D. (Eds.), Estuaries of South Africa. Cambridge University Press, Cambridge, UK: ۱۴۱ - ۱۶۶.

Zamanpoore, M., Poeckl, M., Grabowski, M. & Schiemer, F. ۲۰۰۹. Two new sympatric species of fresh water *Gammarus* (Crustacea: Amphipoda) from southern Zagros Region, Iran. Zootaxa, ۲۱۳۶: ۲۱ - ۳۹.

Zamanpoore, M., Grabowski, M., Poeckl, M. & Schiemer, F. ۲۰۱۰. Two new *Gammarus* species (crustacean, Amphipoda) from warm spring in the south east pre-alpine area of the Zagros, Iran: habitats whit physiological challenges. Zootaxa, ۲۵۴۶:۳۱- ۵۱.

Zamanpoore, M., Poeckl, M. & Schiemer, F. In press. Reaction of morphological feature to ecological stress along a natural gradient in six *Gammarus* species (Crustacea, Amphipoda). Zoomorphology, Forthcoming.

Zamanpoore, M., Grabowski, M., Poeckl, M. & Schiemer, F. ۲۰۱۱. Taxonomic review of freshwater *Gammarus* (Crustacea: Amphipoda) from Iran. Zootaxa, ۳۱۴۰:۱- ۱۴.

. ۱۳۹۰. نقشه‌ی فارس= http://www.behrah.com/map.php?pn=فارس<