مقاومت به سرما در ماهیان تیلاپیا : ۱ - تنوع فنوتیپی بین گونه‌ای و درون گونه‌ای

دکتر فرهاد امینی[۱] پروفسور جان ا.بردمور[۲]

مجله دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، دوره ۵۵، شماره ۴، ۵۲-۴۹، (۱۳۷۹)

مقاومت به سرما در ماهیان تیلاپیا که بومی آفریقا هستند به‌عنوان یک عامل بازدارنده در توسعه پرورش آنها در نواحی معتدل و سردسیر از جمله مناطقی از ایران محسوب می‌شود. به‌منظور بررسی مقاومت به سرما در ماهیان تیلاپیا تعداد ۲۰۷ ماهی از سه گونه *Oreochromis niloticus*، *O. aureus* و *O. mossambicus* مورد آزمایش برخورد با سرما قرار گرفتند. شاخصهای کمی مقاومت به سرما در ماهیان آزمایشی برحسب دمایی که در آن الگوهای رفتاری ویژه‌ای را در مواجهه با سرما نشان دادند، اندازه‌گیری شدند. این رفتارها شامل : عدم تعادل در شنا، از دست‌دادن کامل تعادل و بیهوشی ناشی از سرما بودند. براساس یافته‌های به‌دست آمده، اختلافهای فنوتیپی درون گونه‌ای (بین افراد یک گونه) وجود داشت و شاخصهای فنوتیپی مقاومت به سرما با یکدیگر همبستگی نشان دادند. به‌طور کلی تنوع موجود در هر شاخص در هر سه گونه کم (CV≤٪۷/۳) بود اما به‌طور نسبی این تنوع در گونه *O. mossambicus* بیشتر از دو گونه دیگر بود. اختلافهای بین گونه‌ای (بین افراد گونه‌های مختلف) در مورد هر سه شاخص فنوتیپی مقاومت به سرما بسیار معنی‌دار بود (P<۰/۰۰۱). مقاومت به سرما در این گونه‌ها به‌ترتیب *O. mossambicus*<*O. niloticus*<*O. aureus* تشخیص داده شد. از میان ویژگیهای بیومتریک سن، جنس، وزن، طول و ارتفاع بدن ماهیان تنها سن دارای تأثیر معنی‌دار برروی مقاومت به سرما بود. تکرارپذیری شاخصهای مقاومت به سرما در دو نوبت اندازه‌گیری در حد متوسط بود و مقدار آنها در سه گونه تیلاپیا r≤۰/۴۵ محاسبه گردید.

واژه‌های کلیدی : ماهیان تیلاپیا، مقاومت به سرما، تنوع فنوتیپی، تکرارپذیری، پرورش آبزیان.

ماهیان تیلاپیا متعلق به خانواده سیکلیده (Cichlidae) و بومی قاره افریقا هستند. گرچه حدود ۸۰ گونه تیلاپیا وجود دارد تنها تعدادی از آنها (۱۲ گونه) در صنعت پرورش آبزیان مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۹). این گونه‌ها در بیش از ۷۵ کشور در سراسر دنیا مورد پرورش تجاری و آزمایشی قرار گرفته‌اند اما پرورش آنها عمدتاً محدود به نواحی گرمسیر و نیمه‌گرمسیر و به میزان کمتر در نواحی معتدل دنیا است (۱۰). تولید جهانی تیلاپیا از کمتر از ۲۵۰۰۰۰ تن در ۱۹۸۴ به بیش از ۶۵۰۰۰۰ تن در سالهای اخیر رسیده است (۱۱ و ۷).

گسترش جهانی پرورش این ماهیان به‌دلیل چندین ویژگی مثبت آنهاست که شامل : موقعیت پایین در زنجیره غذایی و مصرف جلبکها، دتریتها و پلانکتونها، پذیرش مواد زاید کشاورزی به‌عنوان غذای دستی، مقاومت نسبت به بیماریها، رشد سریع، تحمل کیفیت نامساعد آب و قابلیت رشد در آبهای شیرین و لب شور می‌باشد. جنبه‌های منفی پرورش این ماهیان از نظر بیولوژیک عبارت از بلوغ زودرس و عدم تحمل دمای کم آب است (۲).

فعالیت و تغذیه این ماهیان در دمای کمتر از ۲۰ درجه سانتیگراد کاهش یافته و در حدود ۱۶ درجه سانتیگراد تغذیه کاملاً متوقف می‌شود (۴). همچنین رشد و تولیدمثل آنها به‌ترتیب در دماهای زیر ۲۰ درجه سانتیگراد و ۲۲ درجه سانتیگراد به شدت تأثیر می‌پذیرند (۳). تنوع زیادی در مورد تحمل دمایی گونه‌های تیلاپیا گزارش گردیده که بروز این تنوع می‌تواند عمدتاً به‌دلیل فقدان روشهای استاندارد ارزیابی، طول مدت سازگاری، کیفیت آب (اکسیژن محلول، شوری و غیره)، وضعیت ماهی (سن، جنس، اندازه و سلامت)، نرخ کاهش دمای آب و مدت در معرض سرما قرار گرفتن ماهیان باشد. با وجود این، گزارشهای مربوط به حداقل دمای کشنده برای سه گونه استفاده شده در بررسی حاضر عبارت‌اند از : *O. mossambicus* (۱۰-۸ درجه سانتیگراد)، *O. niloticus* (۱۱ درجه سانتیگراد) و *O. aureus* (۸/۵-۸ درجه سانتیگراد) است (۴).

صفت مقاومت به سرما به‌طور مستقیم و به سهولت برروی ماهیان قابل اندازه‌گیری نیست. این بررسی به‌منظور کمیت بخشیدن به این صفت و نیز ارزیابی تنوع بین گونه‌ای و درون گونه‌ای در سه گونه تیلاپیا انجام پذیرفت. همچنین تکرارپذیری (Repeatability) شاخصهای مقاومت به سرما که بیانگر تأثیر عوامل محیطی بر این صفت می‌باشد، در این مطالعه مورد توجه قرار گرفت. مقاومت به سرمای گونه‌های تیلاپیا بویژه در نواحی معتدل که دارای فصل رشد محدود بوده و زمستان‌گذرانی ماهیان الزامی است، حایز اهمیت اقتصادی می‌باشد (۳). گرچه تاکنون در کشور ایران رسماً به واردکردن گونه‌های تیلاپیا مبادرت نشده است، اما با توجه به ارزش والای این ماهیان و امکان واردکردن آنها در آینده باید توجه ویژه به مسئله مقاومت به سرما معطوف گردد.

مواد و روش کار

منشأ ژنتیکی گونه‌های *O. aureus* و *O. niloticus* موجود در دانشگاه ویلز سوانزی - انگلستان از دریاچه Manzala در شمال مصر بود و گونه *O. mossambicus* از ذخایر آکواریومی به‌دست آمد.

تکثیر این ماهیان به روش تخمریزی طبیعی در آکواریومهای ۹۵ لیتری دارای فیلتر زیرشنی و دمای آب ۱±۲۷ درجه سانتیگراد انجام می‌پذیرفت. با توجه به اینکه تمامی گونه‌های مورد بررسی ماهیان دهان پرور مادری (Maternal mouthbrooding) بودند، جنس نر بلافاصله پس از جفت‌گیری از آکواریوم خارج می‌گردید و به ماهی ماده اجازه داده می‌شد تا تخمها و لاروهای تازه تفریخ‌شده را به مدت ۱۲-۱۰ روز در دهان خود بپروراند. پس از مرحله شنای آزاد لاروها، ماهی ماده نیز از آکواریوم تکثیر خارج می‌گردید تا لاروها بتوانند رشد اولیه خود را در همان محیط انجام دهند. پرورش ماهیان پس از مرحله لاروی تا زمان بلوغ در سه سیستم مدار بسته واجد مخازن نگهداری ماهی ۴۰ و ۷۰ لیتری انجام می‌شد. در این سیستمها آب به‌طور چرخشی از بیوفیلترها و فیلترهای مکانیکی عبور می‌کرد و پس از تنظیم دما در حد ۱±۲۶ درجه سانتیگراد وارد ظروف نگهداری ماهی می‌شد. هوادهی در هر ظرف به‌طور جداگانه و با استفاده از پمپ مرکزی انجام می‌پذیرفت. جهت تغذیه ماهیان در مراحل مختلف رشد از اندازه متناسب و مقدار مناسب پلتهای قزل آلا (Ewos Ltd., UK) استفاده می‌گردید.

برای ارزیابی صفت مقاومت به سرما تعداد ۲۰۷ ماهی از گونه‌های فوق پس از علامتگذاری و اندازه‌گیریهای بیومتریک در دسته‌های ۱۲-۱۰ عددی به یک اطاق دمای ثابت (Constant temperature room) با دمای ۱±۱۶ درجه سانتیگراد جهت سازگاری‌یافتن (Acclimation) به‌مدت ۱±۱۴ روز منتقل می‌شدند. در طی این دوره ظروف حاوی ماهیان هوادهی شده و آب آنها یک تا دو بار و ندرتاً سه بار تعویض می‌گردید، اما غذایی به ماهیان داده نمی‌شد. همچنین در طول دوره سازگاری رژیم نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی در نظر گرفته شد. ماهیان پس از طی دوره سازگاری به یک آکواریوم ۲۰ لیتری منتقل می‌شدند که در آن آب توسط یک مارپیچ شیشه‌ای متصل به یک دستگاه خنک‌کننده مدار بسته (Grants Instruments Ltd. UK) به میزان

۱) گروه آموزشی بهداشت و بیماریهای آبزیان دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران - ایران.
۲) دانشکده علوم بیولوژی دانشگاه ویلز سوانزی - انگلستان.

متوسط ۰/۱±۱/۴ درجه سانتیگراد در ساعت کاهش می‌یافت. در این شرایط، ماهیان پس از حدود ۴ ساعت با دمای زیر ۱۰ درجه سانتیگراد مواجه می‌گردیدند. تا این مرحله ماهیان هیچ واکنش رفتاری خاصی جز کاهش حرکت نشان نمی‌دادند. اما پس از کاهش مستمر دما از مرز ۱۰ درجه سانتیگراد طی ۴-۳ ساعت سه واکنش رفتاری متوالی قابل تشخیص بود (۸). این رفتارها شامل : عدم تعادل در شنا (Disequilibrium)، از دست‌دادن کامل تعادل (Loss of equilibrium) و بیهوشی (Unconsciousness) یا عدم پاسخ به محرکهای خارجی بودند که دمای مربوط به هر رفتار یعنی به‌ترتیب TeD، TeL و TeU در مورد یکایک ماهیان به‌عنوان شاخص مقاومت به سرما ثبت می‌گردید. همچنین زمانهای مربوط به هر رفتار و نیز زمان به هوش آمدن پس از انتقال به دمای سازگاری (۱۶ درجه سانتیگراد) نیز به‌عنوان شاخصهای کمی دیگر ثبت می‌شد. به‌منظور تعیین تکرارپذیری شاخصهای مقاومت به سرما ماهیان پس از ۵-۲ روز، مورد آزمایش مشابه قرار می‌گرفتند. تکرارپذیری شاخصهای مقاومت به سرما در دو آزمایش متوالی با استفاده از همبستگی داخل گروهی (Intraclass correlation) براساس روش Doolittle (1987) و Falconer & Mackey (1996) انجام پذیرفت. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری Quattro Pro و SPSS مورد پردازش و توسط روشهای آماری ANOVA و همبستگی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج

شاخصهای مقاومت به سرما برحسب دمایی که در آن ماهیان واکنشهای رفتاری ایجادشده به‌وسیله سرما را نشان دادند، توزیع تقریباً نرمال داشتند. اما شاخصهای زمانی مربوطه توزیع نامنظم از خود نشان دادند و به‌همین علت تجزیه و تحلیلهای ارایه‌شده در این مقاله صرفاً مبتنی بر شاخصهای دمایی می‌باشند (۱).

۱ . همبستگیهای فنوتیپی : به‌طور کلی همبستگیهای فنوتیپی بین سه شاخص TeD، TeL و TeU در هر سه گونه تحت‌آزمایش دارای شدت متوسط‌اما در سطح‌بالایی‌معنی‌دارمی‌باشند. نتایج‌این‌همبستگیهادرجدول ۱خلاصه‌گردیده است.

جدول ۱ – همبستگیهای فنوتیپی* بین شاخصهای مقاومت به سرما در دو نوبت اندازه‌گیری در سه گونه تیلاپیا

همبستگی بین شاخصها	گونه		
	O. niloticus	*O. aureus*	*O. mossambicus*
TeD-TeL	۰/۵۹۴ (P<۰/۰۰۱) n = ۱۱۶	۰/۳۰۱ (P=۰/۰۰۱) n = ۱۱۱	۰/۷۳۱ (P<۰/۰۰۱) n = ۸۰
TeD-TeU	۰/۲۳۷ (P=۰/۰۱۰) n = ۱۱۸	۰/۱۷۷ (P=۰/۰۶۳) n = ۱۱۱	۰/۵۲۳ (P<۰/۰۰۱) n = ۸۴
TeL-TeU	۰/۱۸۰ (P=۰/۰۳۱) n = ۱۴۵	۰/۴۷۶ (P<۰/۰۰۱) n = ۱۲۷	۰/۴۳۱ (P<۰/۰۰۱) n = ۱۳۴

*) همبستگیها به روش پیرسون و به‌صورت دو دامنه تعیین گردیده‌اند.

۲ . ویژگیهای بیومتریک : تأثیر سن، وزن، طول و ارتفاع بدن ماهیان مورد آزمایش برروی شاخصهای مقاومت به سرما در سه گونه تیلاپیا با آنالیز واریانس مورد بررسی قرار گرفت. از میان عوامل فوق تنها سن دارای تأثیر معنی‌دار برروی شاخصهای مقاومت به سرما بود که در جدول ۲ آورده شده است. تأثیر جنسیت بر شاخصهای مقاومت به سرما فقط در گونه *O. niloticus* مورد بررسی قرار گرفت اما نتایج نشان داد که جنسیت نیز دارای تأثیر معنی‌داری برروی هیچ یک از این شاخصها نبود.

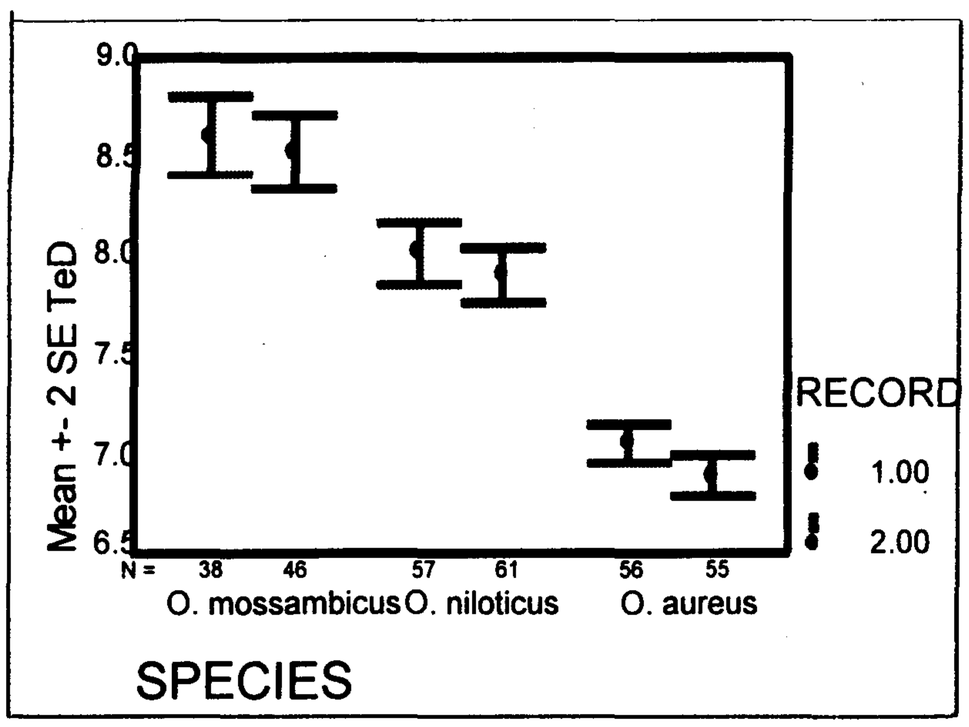
جدول ۲ – میزان معنی‌داربودن تأثیر سن برروی شاخصهای مقاومت به سرمادرسه گونه تیلاپیا

گونه	TeD	TeL	TeU
O. niloticus	P<۰/۰۰۱	P<۰/۰۰۱	P<۰/۰۰۱
O. aureus	P=۰/۰۷۴	P<۰/۰۰۱	P<۰/۰۰۱
O. mossambicus	P=۰/۰۵	P=۰/۰۰۸	P<۰/۰۰۱

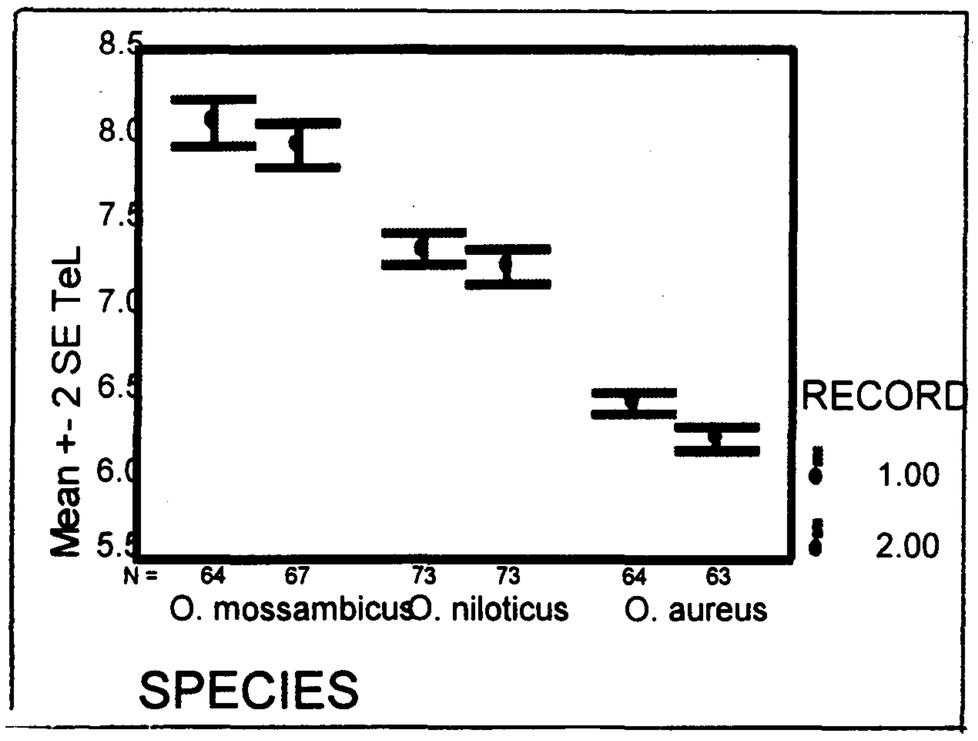
جدول ۳ – تجزیه واریانس تأثیر گونه بر سه شاخص مقاومت به سرما در ماهیان تیلاپیا

متغیر	تعداد	بین گروهها			داخل گروهها			نسبت	معنی‌داری
		SS	df	MS	SS	df	MS	F	F
TeD	۱۵۱	۵۸/۱۹۱	۲	۲۹/۰۹۵	۳۸/۵۸۹	۱۴۸	۰/۲۶۱	۱۱۱/۵۹۰	P<۰/۰۰۱
TeL	۲۰۳	۸۶/۷۶۵	۲	۴۳/۳۸۲	۳۳/۳۶۳	۲۰۰	۰/۱۶۷	۲۶۰/۰۶۴	P<۰/۰۰۱
TeU	۲۰۷	۸۷/۰۵۰	۲	۴۳/۵۲۵	۳۱/۸۱۶	۲۰۴	۰/۱۵۶	۲۷۹/۰۷۳	P<۰/۰۰۱

۳ . اختلافهای بین گونه‌ای : اثر گونه در آنالیز واریانس در مورد هر سه شاخص مقاومت به سرما یعنی TeD، TeL و TeU بسیار معنی‌دار بود. جدول ۳ اطلاعات آنالیز واریانس را در این مورد نشان می‌دهد. نمودار ۱، ۲ و ۳ نیز به‌ترتیب اختلافهای بین میانگین (۲ خطای معیار±میانگین) شاخصهای TeD، TeL و TeU را در سه گونه تیلاپیای مورد آزمایش نشان می‌دهند.



نمودار ۱ – مقایسه میانگین دما (°C) در عدم تعادل (TeD) سه گونه تیلاپیا در دو اندازه‌گیری متوالی

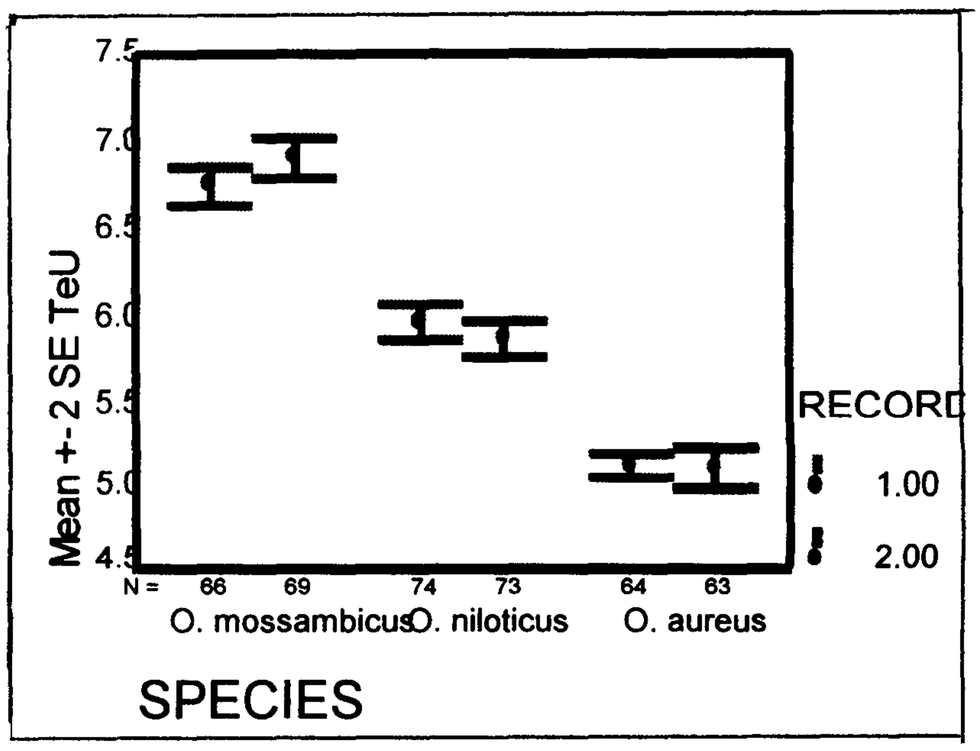


نمودار ۲ – مقایسه میانگین دما (°C) در از دست‌دادن کامل تعادل (TeL) سه گونه تیلاپیا در دو اندازه‌گیری متوالی

جدول ۴ - اطلاعات آماری مربوط به شاخصهای مقاومت به سرما در سه گونه تیلاپیا

گونه	شاخص مقاومت به سرما	تعداد	بیشینه - کمینه	SE ± میانگین	انحراف معیار	واریانس	ضریب تغییر (٪)
O. niloticus	TeD	۵۷	۷/۰-۹/۸	۸/۰۰±۰/۰۷	۰/۵۷	۰/۳۲	۷/۱
	TeL	۷۲	۶/۶-۸/۱	۷/۲۹±۰/۰۳	۰/۳۰	۰/۳۰	۴/۱
	TeU	۷۴	۵/۰-۶/۸	۵/۹۵±۰/۰۵	۰/۴۳	۰/۴۳	۷/۲
O. aureus	TeD	۵۶	۶/۵-۷/۹	۷/۰۵±۰/۰۴	۰/۳۵	۰/۱۲	۵/۰
	TeL	۶۴	۵/۸-۷/۲	۶/۴۲±۰/۰۳	۰/۲۴	۰/۰۶	۳/۷
	TeU	۶۴	۴/۶-۵/۸	۵/۱۰±۰/۰۳	۰/۳۰	۰/۰۹	۵/۹
O. mossambicus	TeD	۳۸	۷/۷-۱۰/۴	۸/۶۰±۰/۱۰	۰/۶۱	۰/۳۷	۷/۱
	TeL	۶۷	۶/۹-۹/۳	۸/۰۵±۰/۰۷	۰/۵۹	۰/۳۵	۷/۳
	TeU	۶۹	۵/۹-۸/۱	۶/۷۲±۰/۰۵	۰/۴۳	۰/۱۸	۶/۴

۴ . اختلافهای داخل گونه‌ای و تکرارپذیری : شاخصهای مقاومت به سرمای استفاده‌شده در این بررسی یعنی TeD، TeL و TeU در هر سه گونه مورد آزمایش دارای توزیع تقریباً نرمال بودند. گرچه میانگین این شاخصها در داخل هر گونه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند اما بین میانگینهای این شاخصها در دو نوبت اندازه‌گیری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($P>0/05$). در حالی‌که تنوع هر سه شاخص پیش گفته برحسب انحراف معیار (s) واریانس (s^2) و ضریب تغییرات (CV) در هر سه گونه کم بود، تنوع نسبی آنها در گونه *O. mossambicus* بیش از دو گونه *O. niloticus* و *O. aureus* بود. اطلاعات آماری شاخصهای مقاومت به سرما در سه گونه تیلاپیا در جدول ۴ آورده شده است. همچنین نمودار ۱، ۲ و ۳ میانگینهای (±2SE) هر یک از TeD، TeL و TeU را در سه گونه تیلاپیا در دو اندازه‌گیری متوالی نشان می‌دهند. برای محاسبه تکرارپذیری (Repeatability) یک فنوتیپ که همبستگی داخل گروهی میان چند اندازه‌گیری می‌باشد از رابطه $r = \sigma^2_B/(\sigma^2_B + \sigma^2_W)$ استفاده گردید (۶ و ۵).



نمودار ۳ - مقایسه میانگین دما (°C) در بیهوشی (TeU) سه گونه تیلاپیا در دو اندازه‌گیری متوالی

جدول ۵ - تخمین تکرارپذیری شاخصهای مقاومت به سرما در سه گونه تیلاپیا براساس دو اندازه‌گیری متوالی

گونه	TeD		TeL		TeU	
	r	P	r	P	r	P
O. niloticus	۰/۳۲	۰/۰۰۹	۰/۴۵	<۰/۰۰۱	۰/۰۳	۰/۳۹۲
O. aureus	-۰/۱۳	۰/۸۱۳	۰/۱۸	۰/۰۷۵	۰/۰۸	۰/۲۷۶
O. mossambicus	۰/۱۹	۰/۱۴۹	۰/۴۴	<۰/۰۰۱	۰/۲۹	۰/۰۰۷

محاسبه تکرارپذیری شاخصهای مقاومت به سرما در افراد سه گونه تیلاپیا با انجام دو اندازه‌گیری متوالی نشان داد که تکرارپذیری این شاخصها در گونه‌های مختلف متفاوت بود (جدول ۵) اما به‌طور کلی شاخص TeL از تکرارپذیری یکنواخت‌تر و معنی‌دارتری نسبت به دو شاخص TeD و TeU برخوردار بود.

بحث

مقاومت به سرما در ماهیان به‌طور اعم و در گونه‌های تیلاپیا به‌طور اخص در سطح محدودی مورد مطالعه قرار گرفته است. در این بررسی تلاش گردید که این ویژگی به‌طور کمی مورد ارزیابی قرار گیرد. گرچه ارزیابی صفت مقاومت به سرما به‌دلیل اینکه نمی‌توان آن را مستقیماً برروی ماهی اندازه گرفت دشوار می‌باشد اما روش کاهش دما به‌طور دینامیک (۱/۴±۰/۱°C/h) بخوبی توانست در دمای زیر ۱۰ درجه سانتیگراد سه الگوی متمایز را در رفتار حرکتی ماهیان مورد آزمایش القا نماید. بدین‌وسیله اختلافهای درون گونه‌ای (بین افراد یک گونه) و بین گونه‌ای برحسب سه شاخص کمی دما در : عدم تعادل (TeD)، از دست‌دادن تعادل (TeL) و بیهوشی ناشی از سرما (TeU) مشخص گردید. این سه شاخص الگوی مشابهی را در هر سه گونه مورد آزمایش نشان دادند. به علاوه بین این سه شاخص در درون هر گونه نیز همبستگیهای فنوتیپی معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱) که این می‌تواند دال بر وجود همبستگیهای ژنتیکی بین این فنوتیپها نیز باشد. از میان پارامترهای بیومتریک شامل سن، جنس، وزن، طول و ارتفاع بدن ماهیان مورد آزمایش فقط سن دارای تأثیر معنی‌دار برروی تنوع فنوتیپی شاخصهای مقاومت به سرما بود.

Behrends et al (1990) نشان دادند که وزن، جنسیت و فنوتیپ رنگی جمعیتهای تیلاپیای مورد بررسی ایشان تأثیری در مقاومت به سرما در آنها ندارد. همچنین Smitherman and Behrends (1984)، ارتباطی بین وزن و مقاومت به سرما در *O. aureus*، *O. mossambicus* و نوعی تیلاپیای دو رگه مشاهده نکردند.

تنوع بین گونه‌ای در سه گونه تیلاپیای مورد آزمایش در این بررسی اختلاف معنی‌دار بین میانگینهای شاخصهای مقاومت به سرما نشان داد به‌طوری که از نظر مقاومت به سرما این سه گونه به‌ترتیب زیر تشخیص داده شدند :

O. mossambicus<O. niloticus<O. aureus

این نتایج با یافته‌های Behrends et al (1990) که با استفاده از روشی متفاوت از روش استفاده شده در این بررسی و نیز برروی ذخایر متفاوتی از این گونه‌های تیلاپیا به‌دست آمده همخوانی دارند.

از طرف دیگر تنوع داخل گونه‌ای شاخصهای مقاومت به سرما الگوی معکوسی را نشان داد به‌طوری که از این نظر ترتیب گونه‌ها به‌صورت زیر بود :

O. mossambicus>O. niloticus>O. aureus

این یافته می‌تواند مؤید این نکته باشد که در طول تاریخ تکامل این گونه‌ها،

بهگزینی طبیعی علیه افزایش مقاومت به سرما و به نفع افزایش حساسیت به سرما عمل کرده است. اما در عین حال نقش همخونی ناشی از آمیزشهای خویشاوندی در کاهش واریانس ژنتیکی که معمولاً در جمعیتهای آزمایشگاهی روی می‌دهد، نباید نادیده گرفته شود.

تکرارپذیری شاخصهای مقاومت به سرما در این بررسی الگوی متغیری را نشان داد اما در میان این شاخصها TeL از این نظر از یکنواختی بالاتری نسبت به TeD و TeU برخوردار بود که این موضوع امکان استفاده از این شاخص در یک برنامه بهگزینه را مطرح می‌سازد. از دیدگاه نظری تکرارپذیری (r) یک فنوتیپ، که همبستگی داخل گروهی می‌باشد، عبارت از نسبت جزء بین افراد (Between individual component) به واریانس کل فنوتیپی: $r= (V_G-V_{Eg})/V_P$ که در آن V_G واریانس ژنتیکی، V_{Eg} واریانس محیطی عمومی یا دایمی و V_P واریانس فنوتیپی کل است. این نسبت حد بالایی وراثت‌پذیری فنوتیپ مورد نظر را نشان می‌دهد (۶). به این ترتیب، متوسط‌بودن مقدار تکرارپذیری TeL در این بررسی مؤید تأثیر قابل توجه عوامل محیطی در واریانس فنوتیپی مقاومت به سرما در گونه‌های تیلاپیا است.

در مجموع، مقاومت به سرما در گونه‌های تیلاپیای مورد آزمایش هر دو تنوع بین گونه‌ای و درون گونه‌ای را نشان داد، هر چند که تنوع درون گونه‌ای نسبتاً کم و تکرارپذیری آن متوسط بود. این یافته‌ها مؤید آن است که برای واردکردن ماهیان تیلاپیا جهت اهداف پرورشی در مناطق معتدل ایران باید ذخایری با تنوع ژنتیکی وسیعی را اخذ نمود. به علاوه Khater and Smitherman (1988) نشان دادند که سویه‌هایی از *O. niloticus* که از مناطقی با عرض جغرافیایی بالاتر اخذ شده بودند، مقاومت بیشتری نسبت به سرما داشتند. این نکته نیز بویژه در صورتی که کشور ایران بخواهد ذخایر تیلاپیا را برای این منظور وارد نماید حایز اهمیت زیادی خواهد بود.

References

1. Amini, F. Genetic studies on cold tolerance in tilapia. PhD thesis, University of Wales Swansea, United Kingdom, PP: 309, (1998).
2. Avault, J.W.Jr. Fundamentals of aquaculture, a step by step guide to commercial aquaculture. AVA Publishing Company Inc, PP: 889, (1996).
3. Behrends, L.L., Kingsly, J.B. and Bulls, M.J. Cold tolerance in maternal mouthbrooding tilapias: Phenotypic variation among species and hybrids. Aquaculture, 85: 271-280, (1990).
4. Chervinski, J. Environmental physiology of tilapias. In *The Biology and Culture of Tilapias,* R.S.V. Pullin and R.H. Lowe McConnell (eds). ICLARM Conference Proceedings 7, International center for Living Aquatic Resources Management, Manila, PP: 119-128, (1982).
5. Doolittle, D.P. Population genetics: Basic principles. Springer-Verlag. PP: 264, (1987).
6. Falconer, D.S. and Mackay, T.F.C. Introduction to quantitative genetics (4th edition) Longman Group Ltd, PP: 464, (1996).
7. FAO Fisheries Statistics, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, (1997).
8. Jennings, D.P. Behavioural aspects of cold tolerance in blackchin tilapia, *Sarotherodon melanotheron*, at different salinities. Environmental Biology of Fishes, 31: 185-195, (1991).
9. Macintosh, D.J. and Little, D.C. Nile Tilapia *(Oreochromis niloticus)*. In *Broodstock management* and *egg* and *larval quality*, N.R. Bromage and R.J. Roberts (eds). Blackwell Science, PP: 277-320, (1995).
10. Pullin, R.S.V. World tilapia culture and its future prospects. In *The Third International Symposium on Tilapia in Aquaculture,* R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kothias and D. Pauly (eds). ICLARM Conference Proceedings No. 41, PP: 1-16, (1996).
11. Pullin, R.S.V., Bimbao, M.A.P. and Bimbao, G.B. World outlook for tilapia farming. Paper presented at the First International Symposium on Aquaculture, 9-11 June 1994, Boca del Rio, Ver Cruz, Mexico. ICLARM contribution No. 1071, (1994).

Cold tolerance in tilapia : I - Interspecific and intraspecific phenotypic variation

Amini, F.[1], Beardmore, J.A.[2]

[1]*Department of Aquatic Animal Health, Faculty of Veterinary Medicine, Tehran University, Tehran - Iran.* [2]*School of Biological Sciences, University of Wales Swansea, United Kingdom.*

Tilapia are native to Africa and their cold tolerance is a limiting factor for their aquaculture expansion in temperate areas including some parts of Iran. In this study, 207 individuals of *Oreochromis niloticus, O. aureus* and *O. mossambicus* were assayed for cold tolerance. The quantitative indicators of cold tolerance used were temperatures at which fish showed certain cold-induced behaviours including disequilibrium (TeD), Loss of equilibrium (TeL) and unconsciousness (TeU). There was intraspecific variation in each trait and phenotypic correlations were evident. Although the total variation within each of the three species was low (CV≤7.3%) the relative variation was most in O. mossambicus. O. niloticus was detected as to be intermediate and O. aureus showed the least variation. The interspecific variation was very highly significant (P<0.001) and the rank of cold tolerance in the species under investigation was determined as follows : O. mossambicus<O. niloticus<O. aureus. Parameters such as sex, weight, length and body height did not significantly influence cold tolerance while age had a significant effect on the traits. The repeatability of the cold tolerance indicators were estimated as to be mediocre (r≤0.45) based on two measurements in three tilapia species.

Key words : Tilapia, Cold tolerance, Phenotypic variation, Repeatability, Aquaculture.