

On the occurrence of *Tylos maindroni* Giordani Soika, 1954 (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) in Faroor Koochak Island

Hamzeh Oraie and Valiallah Khalaji-Pirbalouty*

Department of Zoology, Faculty of Basic Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

Received: 14 April 2022 Accepted: 11 September 2022

Key words

Persian Gulf
Genetic diversity
Molecular phylogeny,
Isopoda

Abstract

Isopods of the genus *Tylos* occur in the supralittoral sandy beaches from tropical and subtropical coasts around the world. *Tylos maindroni* Giordani Soika, 1954, is an oniscoid isopod, which commonly found in sandy beaches throughout the Oman Sea and the Persian Gulf. In this study, we document the first record of *T. maindroni* from Faroor Koochak Island. Morphological study reveals that there were no clear morphological differences between Faroor Koochak, Kuwait and Oman populations. In addition, new 16S-rDNA sequences, combined with already available GenBank sequences of some *Tylos* species were used to hypothesize their relationships. The analyses of 16S rDNA clearly support the existence of only *T. maindroni* species along the coastal zone of the Persian Gulf area, and a sister taxon relationship between this species and *T. exiguus* Stebbing, 1910, from the Red Sea coasts and Socotra Island.

*Corresponding Author: Khalajiv@yahoo.com

شواهدی از حضور *Tylos maindroni* Giordani Soika, 1954 (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) در جزیره فارور کوچک

حمزه اورعی و ولی الله خلجی پیربلوطی*

گروه علوم جانوری، دانشکده‌ی علوم پایه، دانشگاه شهرکرد، ایران

پذیرش: ۲۰ شهریور ۱۴۰۱

دریافت: ۲۵ فروردین ۱۴۰۱

چکیده	واژه‌های کلیدی
<p>جورپایان جنس <i>Tylos</i> در سواحل ماسه ای بالا کرانه ای سواحل مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری دنیا وجود دارند. <i>Tylos maindroni</i> Giordani Soika, 1954 یکی از جورپایان خشکی زی است که در سواحل ماسه ای دریای عمان و خلیج فارس یافت می شود. ما در این مطالعه <i>T. maindroni</i> را برای اولین بار از جزیره فارور کوچک گزارش می کنیم. مطالعه ریخت شناختی نشان می دهد که اختلافات ریختی بین جمعیت های این گونه از فارور کوچک، کویت و عمان وجود ندارد. علاوه بر این، توالی های جدید ژن میتوکندریایی 16S، در ترکیب با توالی های چند گونه <i>Tylos</i> از بانک ژن برای بررسی فرضیه روابط بین آنها مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه و تحلیل توالی های ژن میتوکندریایی 16S به روشنی از وجود <i>T. maindroni</i> در طول منطقه ساحلی ناحیه ی خلیج فارس و ارتباط آرایه خواهری این گونه با <i>T. exiguus</i> Stebbing, 1910 از سواحل دریای سرخ و جزیره ی سقطری حمایت می کند.</p>	<p>خلیج فارس تنوع ژنتیکی تبارشناسی مولکولی جورپایان</p>

* پست الکترونیکی: Khalajiv@yahoo.com

مقدمه

یافته با یک مفصل، شاخک دوم با تاژک سه تا چهار بندی، فقدان برجستگی تناسلی در جنس نر، و وجود ساختار شیار مانند با نوارهایی از تارچه ها به عنوان بخشی از سیستم انتقال آب بر روی پاهای سینه ای ششم و هفتم (Schmalzfuss & Vergara, 2000). این جانوران در طول روز به دلیل کاهش رطوبت و افزایش دما و تبخیر، در زیر قطعات سنگی و یا الوار چوبی جایی که ماسه های ساحلی هنوز رطوبت کافی دارند مخفی می شوند (مشاهدات نویسندگان). از جنس *Tylos* تا کنون سه گونه از غرب اقیانوس هند گزارش شده است. *T. exiguus* Stebbing, 1910 از سواحل دریای سرخ و جزیره سقطری یمن، *T. minor* Dollfus, 1893 از سواحل سومالی، کنیا، جزایر سیسیل، کومور، الدبرا و ماداگاسکار و *T. maindroni* Giordani Soika, 1954 از سواحل بوشهر و کویت در خلیج فارس گزارش شده است. (Schmalzfuss, 2003). توصیف مختصر و گزارش اصلی *T. maindroni* بر اساس یک نمونه ی ماده از ساحل مسقط در کشور عمان است. بعد ها گزارش هایی از سواحل کویت و همچنین سواحل بوشهر در خلیج فارس توسط (Taiti and Ferrara (1991 منتشر شده است.

تاکنون گزارشی از حضور *T. maindroni* در جزایر ایرانی خلیج فارس منتشر نشده است، در این مطالعه شواهدی از حضور این گونه در جزیره فارور کوچک ارائه میشود. روابط خویشاوندی نمونه های جمع آوری شده با گونه های دیگر جنس *Tylos* بر اساس توالی های ژن میتوکندریایی 16S مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش ها

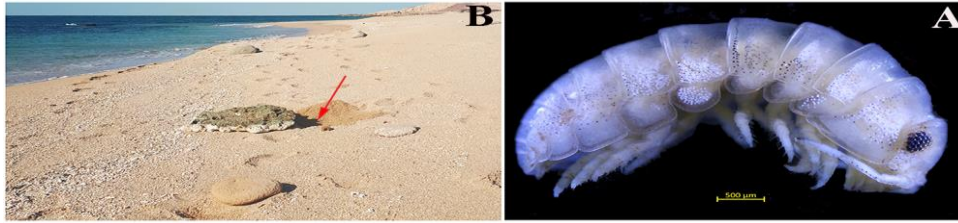
جزیره فارور کوچک (بنی فارور) از جزایر غیرمسکونی خلیج فارس می باشد که در قسمت شمال غربی جزیره ابوموسی واقع شده است. نمونه های مورد مطالعه در طی نمونه برداری در دیماه ۱۳۹۶ از جورپایان ساحلی جزیره فارور کوچک، در ساحل غربی و از موقعیت 26° $6'59.63''N$ $54^{\circ}26'11.25''E$ (شکل ۱) جمع آوری

خلیج فارس یکی از جوان ترین دریا های جهان است که در مصب رودخانه های بین النهرین، دجله و فرات به وجود آمده است. دریایی نیمه محصور که با طول ۹۹۰ کیلومتر در منطقه نیمه گرمسیری جنوب غرب آسیا واقع شده است (Sheppard et al. 2010). راسته ی جورپایان یکی از متنوع ترین گروه های سخت پوستان عالی هستند و با بیش از ۱۰۵۰۰ گونه از تمامی زیست بوم ها از عمیق ترین اقیانوس ها تا کوه های مرتفع گزارش شده اند. تاکنون حدود ۴۵۰۰ گونه از جورپایان در زیستگاه های خشکی، آب های شیرین و محیط های دریایی شناسایی شده است (Boyko et al. 2021).

اعضای دو خانواده ی *Ligiidae* و *Tylidae* از جورپایان خشکی زی موفق ساکن در نواحی بالاکرانه ای سواحل دریا هستند (Schmidt, 2008). از خانواده ی *Ligiidae* گونه های جنس *Ligia* Fabricius, 1798 در زیستگاه های صخره ای سواحل ساکن هستند و از خانواده ی *Tylidae*، گونه های جنس *Tylos* Audouin, 1826 در زیستگاه های ماسه ای زندگی می کنند. جنس *Tylos* با داشتن ۲۱ گونه ی شناخته شده، دارای پراکنش جهانی است (Boyko et al., 2008). اعضای این گروه همگی در نواحی بالا کرانه ای سواحل ماسه ای، گلی، در شکاف صخره ها و در زیر سنگ ها در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری دنیا زندگی می کنند (Brown & Odendaal, 1994). این سخت پوستان در این مناطق می توانند از جلبک ها و سایر مواد در حال فساد تغذیه نمایند (Kensley, 1974). این جانوران برای جلوگیری از شکار شدن توسط سخت پوستانی مانند خرچنگ ها و همچنین پرندگان، شب ها فعال هستند. مهمترین ویژگی های تشخیصی جنس مورد مطالعه عبارتند از: توانایی جمع شدن به صورت یک توپ کامل، مجزا بودن بند های شکمی، داشتن دنباله ی شای چهار گوش، شاخک اول کاهش

شدند. نمونه ها برای مطالعات تکمیلی به آزمایشگاه جانور شناسی دانشگاه شهرکرد منتقل شده و در مجموعه سخت

پوستان موزه جانورشناسی دانشگاه شهرکرد نگهداری می شوند.



شکل ۱. نمای جانبی *Tylos maindroni* جمع آوری شده از جزیره فارور کوچک (A) و زیستگاه آن (B). فلش قرمز محل جمع آوری نمونه ها را نشان می دهد.

نمونه ها ابتدا در یک پتریدیش کوچک محتوی آب و یا گلیسرول در زیر استریو میکروسکوپ قرار داده شده و مورد مطالعه کلی قرار گرفتند. برای تهیه عکس های رنگی از نمونه ها از یک دوربین Zeiss نصب شده بر روی میکروسکوپ Carl Zeiss (Axiocam ERc 5s (ZEISS مجهز به یک سیستم تصویربرداری و متصل به کامپیوتر استفاده شد.

سانتیگراد به مدت یک دقیقه و در نهایت گسترش نهایی زنجیره در 45 درجه سانتیگراد و مدت 84 دقیقه اجرا شد. کیفیت محصول به دست آمده و تأیید تکثیر قطعه مورد نظر با استفاده از ژل آگارزاد درصد مورد بررسی قرار گرفت. محصول PCR برای توالی یابی به شرکت ژن آزما (اصفهان) ارسال و طبق پروتکل های شرکت و با دستگاه ABI3730xl خوانش انجام شد.

برای مطالعه مولکولی از پای دو نمونه ی جمع آوری شده به عنوان نمونه بافتی استفاده شد. نمونه های بافت تا زمان استخراج DNA در الکل مطلق و در فریزر ۲۰- نگهداری شدند. استخراج DNA با استفاده از کیت مخصوص بافت ساخت شرکت آرون ژن (اصفهان) و با دستورالعمل شرکت سازنده انجام شد. فرآیند PCR در حجم ۲۰ میکرولیتر و با استفاده از مسترمیکس ساخت شرکت سیناژن (No Cat: MM2062) انجام شد. قطعه ای به طول ۴۴۱ جفت باز از ژن میتوکندریایی 16s با استفاده از جفت آغازگر اختصاصی (Palumbi, 1996) تکثیر شد:

16s SAR (5'-CGCCTGTTTATCAAAAACAT-3')
16s SBR (5'- CCGGTCTGAACTCAGATCACGT-3')

واکنش زنجیره ای پلیمرز در ۳۶ چرخه با واسرشت اولیه ۹۵ درجه سانتیگراد در پنج دقیقه، واسرشت 32درجه سانتیگراد در 42 ثانیه، اتصال آغازگرها در 21درجه سانتیگراد به مدت ۴۰ ثانیه، گسترش زنجیره در 45 درجه

تعداد دو توالی مربوط به ۴۱۴ جفت باز از ژن 16S میتوکندریایی از نمونه های جزیره فارور به دست آمد و با شماره دسترسی OL830684 و OL830685 در بانک ژن NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) قرار داده شدند. از نرم افزار BioEdit 7.2 (Hall, 1999) برای ویرایش توالی ها استفاده شد. به منظور ردیف یابی توالی ها از نرم افزار MAFFT v. 7 (Katoh & Standley 2013) با پیش فرض های نرم افزار بهره گرفتیم. از نرم افزار (Mega 11 (Tamura et al., 2021) برای بررسی فاصله ژنتیکی بین گونه هابر اساس الگوریتم فاصله (p-distance) استفاده شد. تعداد ۱۶ توالی متعلق به گونه های دیگر جنس *Tylos* (جدول ۱) از بانک ژن NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) استخراج شد. در مجموع، تعداد ۱۸ توالی برای رسم درخت های تبارشناسی مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس مطالعات تبارشناسی اخیر توالیهای متعلق به *T. opercularis* و *T. granuliferus*، به عنوان برون گروه نمونه های مورد بررسی،

استفاده شدند (Hurtado et al, 2014). از نرم افزار ModelFinder(Kalyaanamoorthy et al., 2017) به منظور یافتن مناسبترین مدل‌های جایگزینی نوکلئوتیدی استفاده شد. انتخاب بهترین مدل‌های جایگزینی نوکلئوتیدی با کمک معیار اطلاعاتی بیزین برای استنتاج بیزین (BIC) و معیار آکایک تصحیح شده (AICc) برای احتمال بیشینه انجام شد. درختهای تبارشناختی با استفاده از الگوریتمهای احتمال بیشینه (ML) و استنتاج بیزین (BI) برآورد شدند. به منظور تحلیل بیزین، نرم افزار MrBayes 3.2.2

(Ronquist et al., 2012)، بر اساس چرخه زنجیره مارکوف (MCMC) با چهار اجرای همزمان و تعداد ۸ میلیون تکرار اجرا شد. نمونه برداریها در هر ۱۰۰ تکرار و با مدل تکاملی HKY+F+G4 انجام و ۲۵ درصد درختهای به دست آمده به عنوان Burn-in کنار گذاشته شدند. بهترین درخت با استفاده از قانون اکثریت برآورد شد. تحلیل‌های احتمال بیشینه با استفاده از نرم افزار raxmlGUI 2.0 (Edler et al., 2020) با 10000 هزار تکرار و مدل تکاملی GTR+F+G4 انجام شد.

جدول ۱- اطلاعات نمونه های *Tylos* استفاده شده در مطالعه حاضر، به همراه شماره دسترسی دربانک ژن NCBI

جدول ۱- اطلاعات نمونه های *Tylos* استفاده شده در مطالعه حاضر، به همراه شماره دسترسی دربانک ژن NCBI

شماره یا نشانه نمونه ها روی درخت	کشور محل زیست	گونه	شماره دسترسی دربانک ژن NCBI
۱۰۵۰	ایران، جزیره فارور کوچک	<i>T. maindroni</i>	OL830684
۱۰۵۱	ایران، جزیره فارور کوچک	<i>T. maindroni</i>	OL830685
۲۱۵۶	کویت	<i>T. maindroni</i>	KJ468176
KL1	آفریقای جنوبی، کلایتری	<i>T. granulatus</i>	MK603232
KL2	آفریقای جنوبی، کلایتری	<i>T. granulatus</i>	MK603232
۳۲۴۴	اندونزی، پالو	<i>T. opercularis</i>	KJ468182
۹۴۲۵	استرالیا، کوئزلند	<i>T. opercularis</i>	KJ468183
۸۶۵۹	کوبا،	<i>T. marcuzzii</i>	KJ468177
۸۶۶۰	کوبا،	<i>T. marcuzzii</i>	KJ468178
CY	کره جنوبی	<i>T. granuliferus</i>	KJ468173
HY	ژاپن	<i>T. granuliferus</i>	KJ468174
۸۶۸۷	یمن	<i>T. exiguus</i>	KJ468171
۶	مکزیک	<i>T. punctatus</i>	KF007514
۵	مکزیک	<i>T. punctatus</i>	KF007425
TMT2	ایتالیا	<i>T. europaeus</i>	GU097629
TMT3	ایتالیا	<i>T. europaeus</i>	GU097628
S1	یونان	<i>T. ponticus</i>	EF027529
S2	یونان	<i>T. ponticus</i>	EF027530

نتایج

- ریخت شناسی

نمونه های جمع آوری شده از جزیره فارور کوچک از نظر ریختی با نمونه هایی که از سواحل عمان توسط Taiti and Ferrara (1991) گزارش و توصیف شده مطابقت دارد و اختلاف خاصی به ویژه در صفات کلیدی از جمله شاخک های اول و دوم، شکل صفحات کوسای ششم و هفتم و برون پاره پای شکمی دوم دیده نمی شود.

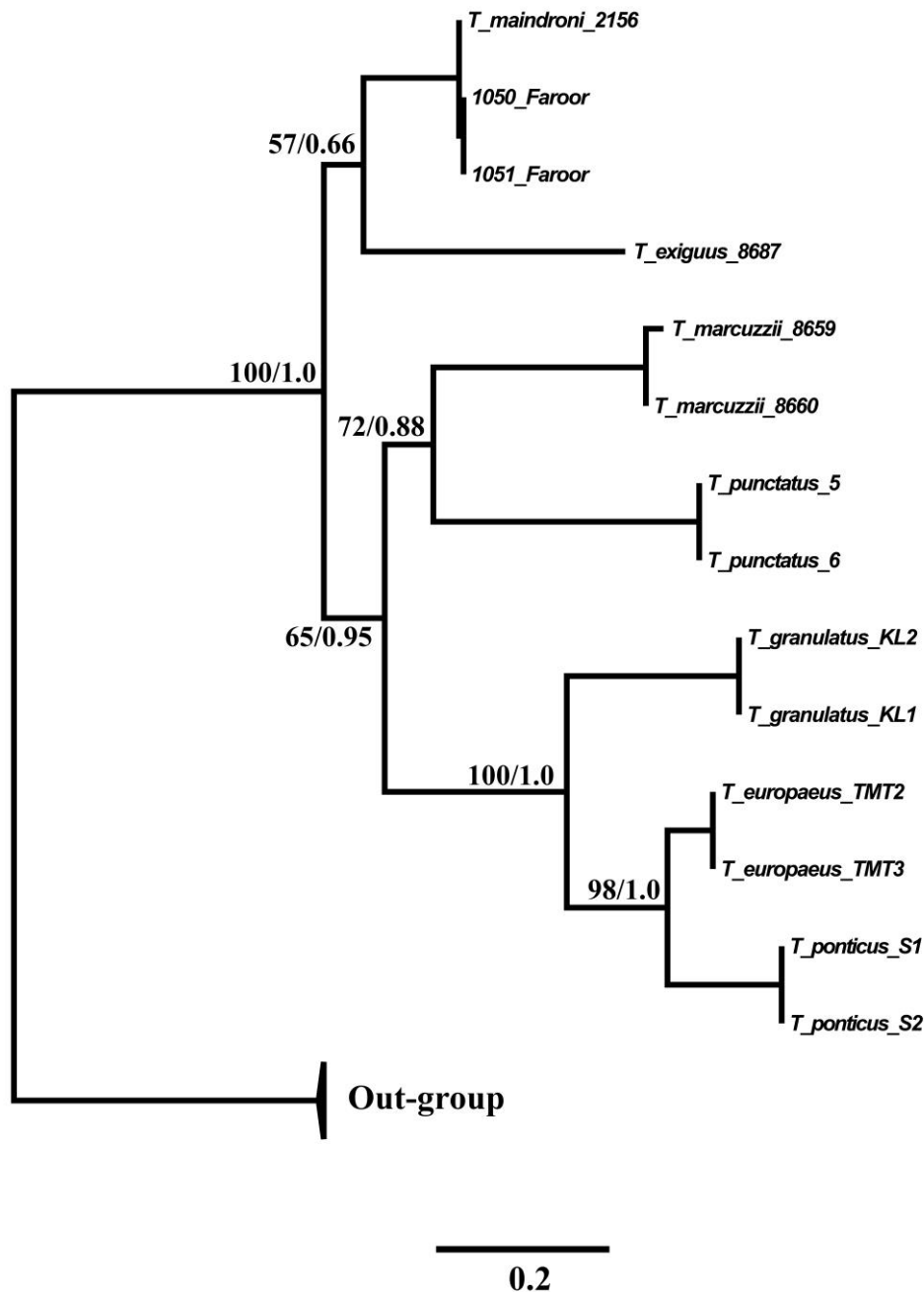
- مولکولی

داده های مورد بررسی شامل ۱۸ توالی به طول ۴۱۴ جفت باز از ژن 16S در گونه های مختلف جنس *Tylos* میباشد. داده ها با استفاده از معیارهای فاصله، بیشینه احتمال (ML)، و استنباط بیزین (BI) مورد بررسی قرار گرفتند. براساس معیار پارسیمونی، ۱۲۸ جایگاه ثابت و ۱۶۹ جایگاه

دارای بار اطلاعاتی بودند و ۱۰ جایگاه علی رغم متغیر بودن فاقد بار اطلاعاتی هستند. در هر دو درخت حاصل از بازسازی تبارشناسی تبارهای اصلی و الگوی خویشاوندی بین گونه ها کاملاً مشابه بودند، تفاوت درخت ها صرفاً در سطح حمایت گره ها است (شکل ۲). در هر دو درخت حاصل، *T. opercularis* و *T. granuliferus* در پایه درخت به عنوان برون گروه قرار گرفتند. نمونه های نمونه های *T. maindroni* جزیره فارور کوچک، با نمونه ای از سواحل کویت (KJ468176) کاملاً شبیه به یکدیگر هستند و با هم گروه تک نیایی را تشکیل میدهند. گروه خواهری آن با فاصله ژنتیکی ۲۱٪ نمونه ای متعلق به *T. exiguus* میباشد (جدول ۲). این دو باهم تباری را تشکیل میدهند که با حمایت قاطع (شکل ۲) از بقیه گونه ها جدا میشوند.

جدول ۲. فاصله ژنتیکی (*p*-distances) بین گونه های مختلف جنس *Tylos*، بر اساس ۴۱۴ جفت باز از ژن میتوکندریایی 16s.

	<i>T. exiguus</i>	<i>T. maindroni</i>	<i>T. granulatus</i>	<i>T. opercularis</i>	<i>T. marcuzzii</i>	<i>T. granuliferus</i>	<i>T. punctatus</i>	<i>T. ponticus</i>
<i>T. maindroni</i>	0.210							
<i>T. granulatus</i>	0.277	0.235						
<i>T. opercularis</i>	0.281	0.262	0.286					
<i>T. marcuzzii</i>	0.261	0.244	0.261	0.325				
<i>T. granuliferus</i>	0.313	0.284	0.330	0.247	0.355			
<i>T. punctatus</i>	0.248	0.230	0.245	0.292	0.222	0.337		
<i>T. ponticus</i>	0.312	0.268	0.223	0.343	0.307	0.366	0.290	
<i>T. europaeus</i>	0.253	0.246	0.180	0.279	0.263	0.333	0.253	0.128



شکل ۲. درخت تبارشناسی مبتنی بر ۴۱۴ جفت باز ژن 16s میتوکندریایی با استفاده از دو روش بیزین و حداکثر درستنمایی (توپولوژی یکسان). اعداد بالای شاخه نمایانگر احتمال پسین حاصل از درخت بیزین و اعداد پایین شاخه مربوط به شاخص بوت استرپ حاصل از روش حداکثر درستنمایی است.

و بعد ها گزارش هایی از حضور آن در سواحل کویت و ایران (بوشهر) نیز منتشر شده است (Taiti & Ferrara 1991), اما همچنان حوزه پراکنش دقیق آن نامشخص است. مطالعه حاضر شواهدی از حضور و گسترش وسیع این

بحث

این مطالعه، برای اولین بار شواهدی از حضور *Tylos maindroni* در یکی از جزایر ایرانی خلیج فارس ارائه می-کند. اگرچه این گونه ابتدا از سواحل عمان، توصیف شد

آمدن سطح دریا ها پس از آخرین عصر یخبندان در حدود ۱۴۰۰۰ سال قبل شروع شده باشد (Lambeck, 1996). بنابراین، احتمالاً جمعیت های کنونی *T. maindroni* در منطقه خلیج فارس محصول یک موج دیسپرسال در حدود ۱۴۰۰۰ سال پیش هستند. از آنجایی که نزدیک ترین گونه شناخته شده نسبت به *T. maindroni* در خلیج فارس *T. exiguus* در دریای سرخ است (شکل ۲)، به احتمال زیاد جد *T. maindroni* از سواحل اقیانوس هند سرچشمه گرفته است.

برای روشن شدن منشاء و تکامل این گونه در منطقه، نمونه برداری گسترده و استفاده از نشانگرهای مولکولی مختلف ضروری است.

سپاسگزاری

از اعضای محترم هیات علمی دانشگاه تهران، دکتر حسن رحیمیان و دکتر رضا ندرلو و برادران نیروهای نظامی مستقر در جزایر فارور که در نمونه برداری به ما کمک کردند صمیمانه سپاسگزاریم. از داوران ارجمند که زحمت مطالعه نسخه اولیه این مقاله را کشیدند و با نظرات ارزشمندشان موجب بهبود کیفی آن شدند صمیمانه تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

Boyko, C.B., Bruce, N.L., Hadfield, K.A., Merrin, K.L., Ota, Y., Poore, G.C.B., Taiti, S., Schotte, M., & Wilson, G.D.F. (Eds) (2008 onwards). World Marine, Freshwater and Terrestrial Isopod Crustaceans database. *Tylos* Audouin, 1826. Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=147192> on 2021-11-02.

Brown, A., & Odendaal, F. (1994). The biology of oniscid Isopoda of the genus *Tylos*. *Advances in Marine Biology*, 30, 89–153. doi:10.1016/s0065-2881(08)60062-0.

Edler, D., Klein, J., Antonelli, A., & Silvestro, D. (2020). RaxmlGUI 2.0: A graphical interface and toolkit for phylogenetic analyses using RAxML. *Methods in Ecology and*

گونه در سواحل خلیج فارس دارد که نیازمند مطالعات صحرائی بیشتر است.

نتایج بازسازی های تبارشناسی (شکل ۲)، از فرضیه خویشاوندی *T. maindroni* و *T. exiguus* از سواحل دریای سرخ و جزیره سقطری یمن حمایت میکند. اگرچه این الگو در مطالعه ای اخیر (Hurtado et al, 2014) بر اساس یک نمونه از کویت مشخص شده بود، اما با توجه به سطوح بالای واگرایی ژنتیکی گزارش شده در برخی جورپایان ساحلی از جمله گونه های جنس های *Atarbolana* و *Cymodoce* (Khalaji-Pirbalouty & Raupach, 2014, 2016)، تا قبل از مطالعه حاضر ایده ای در مورد تنوع ژنتیکی جمعیت های *T. maindroni* در خلیج فارس و دریای عمان وجود نداشت. براساس مقایسه ۴۱۴ جفت باز از توالی ژن میتوکندریایی 16S، نمونه های فارور و نمونه ای از سواحل کویت (KJ468176) همگی متعلق به یک هاپلو تایپ هستند. الگوی تنوع ژنتیکی بین افراد *T. maindroni* مطالعه شده از دو مکان با فاصله جغرافیایی نسبتاً زیاد در خلیج فارس (حدود ۵۰۰ کیلومتر) با فاصله ژنتیکی گزارش شده از سایر گونه های این جنس در سایر نواحی متفاوت است. برای مثال، مطالعه مولکولی جمعیت های *Tylos* مبتنی بر ژن میتوکندریایی سیتوکروم اکسیداز I (COI) در خلیج کالیفرنیا نشان داد که سطح تمایز ژنتیکی بین جمعیت ها در محدوده ۱۷٫۳٪-۳۰٫۵۶٪ است که نشان دهنده انزوای طولانی مدت جمعیت ها در منطقه است (Hurtado et al, 2014). اگرچه نمونه های مطالعه اخیر بسیار اندک هستند و برای استنباط ساختار ژنتیک جمعیت *T. maindroni* در منطقه خلیج فارس و دریای عمان، نیاز به نمونه برداری وسیع و استفاده از مارکر های مولکولی بیشتری است. اما سطوح پایین واگرایی ژنتیکی در *T. maindroni* در خلیج فارس احتمالاً میتواند بازتابی از سن جوان این پهنه دریایی باشد. اگرچه در مورد گستردگی خط ساحلی خلیج فارس در طول هولوسن و پلیستوسن پسین اختلاف نظر وجود دارد، تصور می شود پر شدن حوضه خلیج فارس به دلیل بالا

maximum, *Earth and Planetary Science Letters*, 142, 43–57.

Ronquist, F., Teslenko, M., Mark, P. van der., Ayres, D. L., Darling, A., Höhna, S., Larget, B., Liu, L., Suchard M. A., & Huelsenbeck, J. P. (2012). MrBayes 3.2: Efficient Bayesian phylo-genetic inference and model choice across a large model space. *Systematic Biology*, 61, 539–542.

Schmidt, C. (2008). Phylogeny of the terrestrial Isopoda (Oniscidea): a review. *Arthropod Systematics & Phylogeny*, 66, 191–226.

Schmalzfuss, H. (2003). World catalog of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde A*, 654, 1–341.

Sheppard, C.; Al-Husiani, M.; Al-Jamali, F.; Al-Yamani, F.; Baldwin, R.; Bishop, J.;

Benzoni, F.; Dutrieux, E.; Dulvy, N.K.; Durvasula, S.R.V.; Jones, D.A.;

Loughland, R.; Medio, D.; Nithyanandan, M.; Pilling, G.M.; Polikarpov, I.; Price,

A.R.G.; Purkis, S.; Riegl, B.; Saburova, M.; Samimi Namin, K.; Taylor, O.;

Wilson, S.; & Zainal, K. (2010) *The Gulf: A young sea in decline*, Marine

Pollution Bulletin, 60, (1), 13–38.

Tamura, K., Glen, S., Kumar, S. (2021). MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. *Molecular Biology and Evolution*, 38 (7), 3022–3027. doi:10.1093/molbev/msab120.

Evolution, doi: <http://dx.doi.org/10.1111/2041-210X.13512>.

Hall, T. (1999). BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41, 95–98.

Hurtado, L.A., Lee, E.J., Mateos, M., & Taiti, S. (2014). Global Diversification at the Harsh Sea-Land Interface: Mitochondrial Phylogeny of the Supralittoral Isopod Genus *Tylos* (Tyliidae, Oniscidea). *PLoS ONE* 9(4), e94081. doi: 10.1371/journal.pone.0094081.

Kalyaanamoorthy, S., Minh, B.Q., Wong, T., Haeseler, A. von., & Jermin, L.S. (2017). ModelFinder: Fast model selection for accurate phylogenetic estimates. *Nature Methods*, 14, 587–589. <https://doi.org/10.1038/nmeth.4285>.

Kensley, B. (1974). Aspects of the biology and ecology of the genus *Tylos* Latreille. *Annals of the South African Museum*, 65, 401–471.

Khalaji-Pirbalouty, V. & Raupach, M. J. (2014) A new species of *Cymodoce* Leach, 1814 (Crustacea: Isopoda: Sphaeromatidae) based on morphological and molecular data, with a key to the Northern Indian Ocean species. *Zootaxa* 3826: 230-254.

Khalaji-Pirbalouty, V., & Raupach, M. J. (2016). DNA barcoding and morphological studies confirm the occurrence of three *Atarbolana* (Crustacea: Isopoda: Cirolanidae) species along the coastal zone of the Persian Gulf and Gulf of Oman. *Zootaxa*, 4200(1), 153–173. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4200.1.7>.

Lambeck, K. (1996) Shoreline reconstructions for the Persian Gulf since the last glacial