

ارزیابی اثرات فلزات سنگین (نیکل، سرب، کادمیوم) در فرآیند نفوذ شیرابه‌های دفن پسماند بر ماهی راشگو (*Eleutheronema tetradactylum*)

چکیده

این تحقیق در راستای تحلیل ارزیابی غلظت بعضی از فلزات سنگین در طی فرآیند نفوذ شیرابه‌های محل دفن پسماند شهری بر روی ماهی راشگو (*Eleutheronema tetradactylum*) در حوزه خلیج فارس در شهر بوشهر انجام شده است. هدف از بررسی تأثیر نفوذ شیرابه‌های محل دفن پسماند شهری بر روی عضله ماهی راشگو و مقایسه با استانداردهای بین‌المللی در جهت استفاده بهینه می‌باشد. بدین منظور از ۲ ایستگاه تعداد ۳۰ عدد ماهی به صورت تصادفی نمونه‌گیری شد. نمونه‌برداری گونه ماهی به دلیل دور بودن از ساحل با استفاده از قایق‌های صیادی مجهز به تور گوشگیر و بعضاً قلاب در سایت محل دفن و حوزه خلیج فارس انجام شد. ابتدا نمونه‌های ماهی پودر شد سپس هضم نمونه‌های خردشده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شده هضم اسیدی، صورت گرفت. سپس تبدیل به فاز معدنی با دستگاه جذب اتمی صورت گرفت. نتایج مقایسه عضله ماهی راشگو از لحاظ میزان سرب و کادمیوم نشان داد که در سطح $P < ۰/۰۵$ تفاوت معنی‌داری است. $(\text{sig} = ۰/۰۰۹, \text{sig} = ۰/۰۲۷)$ ، همچنین میزان نیکل در سطح $P < ۰/۰۵$ اختلاف معنی‌دار نیست. $(\text{sig} = ۰/۵۱۳)$. نتایج تحلیل واریانس چند متغیره بین گروهی دوراهه در مورد سه متغیر وابسته فلزات سنگین نیکل، سرب و کادمیوم و متغیرهای مستقل سایت زیست ماهی راشگو و جنسیت نشان داد که متغیرهای وابسته به طور معنی‌داری از سایت زیست تأثیر می‌پذیرند. $(F = ۱۷/۲۳, P < ۰/۰۰۳, \text{Partial } \eta^2 = ۰/۵۰۴)$. ضریب اتا نشان می‌دهد ۵۰/۴ درصد واریانس متغیرهای وابسته توسط سایت زیست ماهی قابل توجیه است و متغیرهای وابسته تأثیر معنی‌داری از متغیر جنسیت ندارد $(F = ۱/۲۹۷, P < ۰/۴۲۷, \text{Partial } \eta^2 = ۰/۱۴۲)$. ضریب اتا نشان می‌دهد که ۱۴/۲ درصد واریانس متغیرهای وابسته توسط جنسیت ماهی راشگو قابل توجیه است.

واژگان کلیدی: راشگو معمولی *Eleutheronema tetradactylum*، فلزات سنگین، پسماند، خلیج فارس.

طلیعه عبدالخانی نژاد^{۱*}

سید مسعود منوری^۲

۱. گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، مرکز بوشهر، بوشهر، ایران
۲. دانشیار، گروه ارزیابی و آمایش سرزمین، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

*مسئول مکاتبات:

talieh_abdolkhani2011@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۱۴

کد مقاله: ۱۳۹۶۰۴۰۴۵۳

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

مقدمه

متأسفانه امروزه مدیریت مواد زائد جامد، از عمده‌ترین بحران‌های محیط زیستی به شمار می‌رود که به علت رشد سریع جمعیت و شهرنشینی بروز کرده است (Nair et al., 2006). آلاینده‌های پایدار در محیط به دو گروه آلی و فلزی تقسیم‌بندی می‌کنند. فلزات سنگین جزء آلاینده‌های پایدار بوده و قابلیت تجزیه زیستی ندارند (De Mora et al., 2004). به علت سمیت و قابلیت تجمع فلزات سنگین در موجودات زنده، این نوع آلودگی یک مشکل جدی و اساسی است (Usero et al., 2005). مصرف غذای آلوده به فلزات سنگین، موجب کاهش کارایی سیستم ایمنی بدن می‌شود. عقب‌ماندگی رشد داخل رحمی، اختلالات روانی، سوءتغذیه و شیوع بالای سرطان قسمت بالایی دستگاه گوارش از دیگر عوارض

غذای آلوده به فلزات سنگین است (Turkdogan, et. al., 2003; Iyengar and Nair, 2000). محل دفن پسماند شهری بوشهر در نزدیکی دریا واقع شده است. این منطقه با تغییر کاربری مستقیماً برای محل دفن استفاده می‌شود. شیرابه محل دفن مستقیماً وارد آب دریا می‌شود؛ بنابراین واضح است که در صورت آلوده بودن منبع آب به فلزات سنگین، این آلودگی به مزارع هر سایت و در نهایت به بدن آبزی منتقل می‌شود. آب زهکش هر سایت‌های محل دفن در صورت آلوده بودن به فلزات سنگین، بدین دلیل که وارد دریا شده و دوباره به مزارع مختلف هدایت می‌گردد، می‌تواند آلودگی درون هر مزرعه را به مزرعه دیگر انتقال دهد (Samir and Shaker, 2008). کاهش اثرات خطرناک فلزات سنگین بر روی اکوسیستم و نیز انسان که از آبزیان تغذیه می‌کند، با پایش، بررسی منظم و ارزیابی این آلاینده‌های معدنی در آب‌های ساحلی، خورها، خلیج‌ها، رسوبات کف و بافت‌های بدن آبزیان امکان‌پذیر است (Paez- Osuna and Ruiz- Fernandez, 1995). عدم رعایت موازین انتخاب محل، آماده‌سازی نامناسب و غیرعلمی محل دفن و فن دفن نامناسب منجر به تولید و انتشار شیرابه در لایه‌های زیرزمین دفن و حرکت شیرابه به سمت پائین می‌گردد (Wagner, Bilitewski, 2009; EUWID, 2007).

فرآیند توسعه کشورها از جمله ایران، مسائل گسترده‌ای از آلودگی آب را ایجاد کرده است و این مسئله موقعی اهمیت خود را نشان می‌دهد که بدانیم بیش از ۵۲ درصد از مصرف آب کشور به آب‌های زیرزمینی متکی است. در میان منابع آلاینده آب‌های زیرزمینی دفع مواد زائد جامد به روش دفن در زمین (لند فیل) از منابع عمده آلاینده است چراکه به‌صراحت می‌توان گفت که همه کشورهای توسعه‌یافته، درحال توسعه و توسعه‌یافته، با آن مواجه‌اند. تحقیقات انجام‌گرفته نشان می‌دهد که در جهان این روش ۹۲ درصد دفع مواد زائد جامد شهری را به خود اختصاص می‌دهد (عابدی کوهپایه‌ای، ۱۳۷۹).

مواد زائد جامد شهری دفن شده در زمین خود حاوی درصد بالایی آب هستند، چنانچه آب‌های سطحی نیز به درون آن نفوذ باید در اثر فعل‌وانفعالات شیمیایی و بیولوژیکی که در درون لند فیل رخ می‌دهد نهایتاً شیرابه آلوده‌ای تولید می‌گردد که حاوی انواع عناصر سمی است. طبیعت و قدرت آلودگی این شیرابه به ترکیب مواد زائد جامد، مدت‌زمان تماس زائادات با آب و حجم آن بستگی دارد. نفوذ این شیرابه آلوده، می‌تواند تهدیدی جدی برای آلودگی آب‌و‌خاک مناطق اطراف لند فیل بشمار آید. شیرابه زباله حاوی ترکیبات و آلاینده‌های گوناگون از جمله فلزات سنگین است، این عناصر یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیست محسوب می‌شوند. از خصوصیات این فلزات می‌توان به پایداری آن‌ها است که نمی‌توانند مانند اغلب مواد آلی از طریق فرآیندهای شیمیایی و زیستی در طبیعت تجزیه شوند. یکی از نتایج مهم این پایداری، تغلیظ و یا تجمع این فلزات در مواد غذایی و یا بافت‌های جاندارانی است که از این مواد غذایی استفاده می‌کنند (Bouma et al., 2003).

فلزات سنگین پس از ورود به اکوسیستم‌های آبی در بافت‌ها و اندام‌های آبزیان و از جمله ماهیان تجمع یافته و نهایتاً وارد زنجیره غذایی می‌شوند. از آنجائی که ماهیان بخش عمده‌ای از غذای انسان را تشکیل می‌دهند، این فلزات می‌توانند از طریق تغذیه از ماهیان آلوده وارد بدن انسان گردند میزان جذب و تجمع عناصر سنگین در آبزیان و خصوصاً ماهیان تابعی از شرایط اکولوژیکی، فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی آب، نوع عنصر آبزی و فیزیولوژی بدن جاندار است (Jaffar et al., 1998).

ماهی راشگو معمولی (Shaw, 1804) متعلق به خانواده *Polynemidae* است که در آب‌های ساحلی و کدر زیست می‌کند. انتشار در سراسر خلیج فارس، در جنوب و جنوب شرقی آسیا تا Papua در کینه نو و شمال استرالیا است (Pember et al., 2005). در خصوص اهمیت شیلاتی راشگو معمولی بایستی به نکات زیر اشاره نمود که این ماهی از دیرباز موردتوجه ویژه ساحل‌نشینان و در زمره ماهیان ممتاز منطقه خلیج فارس و حوزه عمان قرار دارد. این گونه بعد از حلوا سفید *Pampus Arghentius* بالاترین قیمت در میان آبزیان حوزه خلیج فارس را به خود اختصاص داده است. هرچند ذخایر این آبزی نسبت به ذخایر سایر ماهیان بسیار کمتر است، اما از لحاظ ارزش اقتصادی مهم‌تر است. اهمیت این ماهی در اقتصاد شیلاتی کشور به حدی است که باینکه درصد کمی از فرآورده‌های شیلاتی را تشکیل می‌دهند اما میزان درآمد آن قابل توجه می‌باشد (رجایی و همکاران، ۱۳۸۳). راشگو معمولی در آب‌های ساحلی کم‌عمق با بستر شنی یا گلی زندگی می‌کنند و وارد رودخانه‌ها نیز می‌شود. حرکات

کندی داشته و غالباً به آرامی باقی می‌ماند. این ماهیان در نواحی ساحلی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری زیست می‌کنند. گونه راشگو معمولی به ۲ متر هم می‌رسند که از نظر بازاری حائز اهمیت است (Pember, 2006).

در مطالعه‌ای که در مورد ارزیابی اثرات شیرابه محل دفن پسماند و فاضلاب بر روی کیفیت آب‌های زیرزمینی کشور اردن در سال ۱۹۹۹ صورت گرفت، ورود شیرابه به محیط آبی یک تهدید بسیار جدی شناخته شد (Rukah and Osama, 2001). همچنین در مطالعات انجام‌شده بر روی منابع آب زیرزمینی مناطق مجاور لندفیل چند کلان‌شهر کشور اسپانیا مشخص گردید غلظت عناصر کمیاب افزایش قابل‌ملاحظه‌ای داشته‌اند (Jose, 2001) در ایران نیز به دلیل استاندارد نبودن محل دفن مواد زائد در اغلب نقاط شهری کشور، شیرابه تولیدی موجبات آلودگی آب‌و‌خاک را فراهم نموده است (Raghimi, 2000).

در شهر بوشهر با جمعیتی بالغ بر ۲۲۳۵۰۴ نفر روزانه ۱۷۰ تن انواع پسماند بهداشتی تولید می‌گردد. ۸۰ درصد پسماند به‌صورت سنتی دفع می‌شود که ماهیانه ۱۵ میلیارد ریال هزینه دفع پسماند در شهر بوشهر است. این پسماندها بعد از جمع‌آوری به محل دفع پسماند شهری واقع در ۵ کیلومتری جاده نیروگاه به روش سنتی دفع می‌گردد.

ماهی راشگو که از گونه‌های بسیار بازارپسند است نقش بسزایی در تأمین غذای سالم دارد (Moore, 2006). ماهی راشگو معمولی در ردیف اولین گونه‌های مهم اقتصادی و صنعت شیلات قرار دارد (Welch et al., 2010). بر این اساس با توجه به دریافت اطمینان از سلامت ماهی راشگو معمولی در حوزه خلیج فارس سایت محل دفن پسماند شهری، بررسی غلظت فلزات سنگین ضروری است. هدف این تحقیق، بررسی میزان غلظت فلزات سنگین (سرب، نیکل و کادمیوم) در بافت عضله ماهی راشگو معمولی سایت محل دفن پسماند شهری و حوزه خلیج فارس بوشهر و مقایسه آن با استانداردهای بین‌المللی و جهانی است؛ بنابراین با بررسی حاضر می‌توان به سطح سلامت بافت عضله ماهی راشگو معمولی (*Eleutheronema tetradactylum*) از لحاظ غلظت فلزات سنگین پی برد.

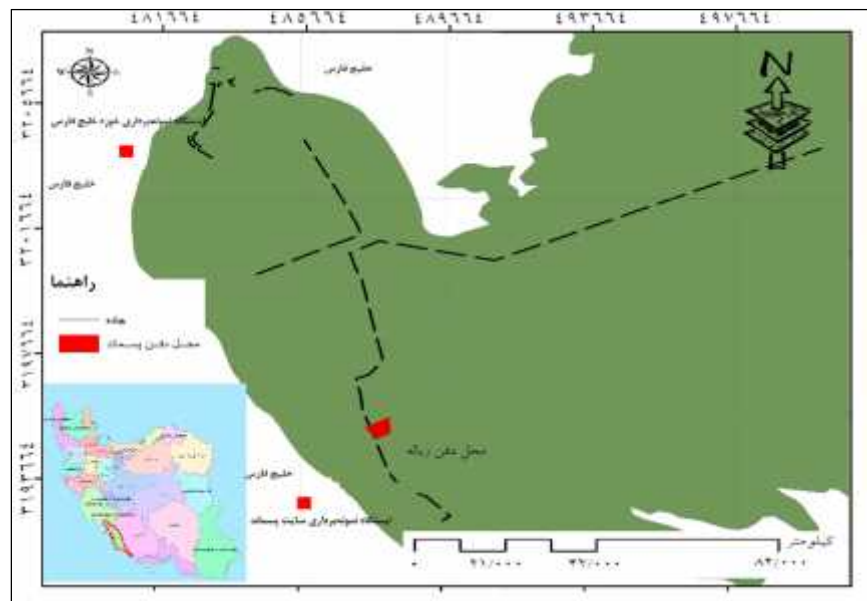
مواد و روش‌ها

این مطالعه که از نوع مطالعات توصیفی تحلیلی است، در اسفندماه سال ۱۳۹۴ انجام شد. مناطق مورد مطالعه در این تحقیق شامل دو سایت محل دفن پسماند و خلیج فارس در استان بوشهر است (شکل ۱). سایت نمونه‌برداری خلیج فارس از عمق ۱۰-۲۰ متری و در فاصله ۷ مایلی از ساحل خلیج فارس (۱۱ کیلومتری) و سایت پسماند نزدیک‌ترین فاصله بین محل دفن پسماند شهری در شعاع ۱۰ کیلومتری خلیج فارس انتخاب گردید (شکل ۲). از هر سایت ۳۰ عدد ماهی راشگو معمولی به‌صورت تصادفی انتخاب گردید. تعداد ۶۰ عدد نمونه جمع‌آوری و پس از ثبت مشخصات لازم (طول، وزن، جنسیت) در کیسه‌های نایلونی قرار داده شد و سپس درون یخدان محتوی پودر یخ قرار گرفتند و جهت آماده‌سازی و آنالیز به آزمایشگاه انتقال یافتند. اندازه‌گیری طول ماهی راشگو معمولی با استفاده از تخته زیست‌سنجی با دقت ۰/۱ سانتی‌متر و وزن آن با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم صورت می‌گیرد. جنس‌های نر و ماده از هم جدا و سپس از ماهیان بافت‌های عضله جدا کرده و با استفاده از فریز درایر در دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰-۱۵ ساعت خشک گردیدند.

نمونه‌های ماهی راشگو معمولی به‌وسیله هاون چینی پودر شدند. به‌منظور هضم نمونه‌های خردشده ابتدا مقدار ۰/۵ گرم از نمونه‌های ماهیان آسیاب شده با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین کردیم. نمونه‌های توزین شده با افزودن ۷ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ ۶۵ درصد و ۱ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳۰ درصد به دستگاه (مدل ETHOS) برای هضم اسیدی نمونه‌های خردشده انتقال داده شدند. بعد از هضم اسیدی، نمونه‌ها از دستگاه خارج و با آب خالص به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شدند پس از پایان عملیات هضم اسیدی و تبدیل نمونه‌ها به فاز معدنی، میزان غلظت عناصر موردنظر با استفاده از دستگاه جذب اتمی (AA) موردسنجش قرار گرفت (Moopam, 1983). در بخش توصیفی از جدول فراوانی،

ارزیابی اثرات فلزات سنگین (نیکل، سرب، کادمیوم) در فرآیند نفوذ شیرابه‌های دفن پسماند بر ماهی ... / عبدالخانی‌نژاد و همکاران

میانگین، انحراف معیار، توزیع میانگین، فاصله اطمینان ۹۵ درصد و نمودار استفاده‌شده است. همچنین در بخش استنباطی از تحلیل واریانس چند متغیره، آزمون ام.باکس، آزمون‌های چند متغیره، مقایسه چندگانه، آزمون بونفرونی، ماتریس همبستگی با برخی مشخصات بیومتری (جنسیت، طول، وزن) در حوزه زیست و تعیین فلزات سنگین استفاده شد که نتایج آن در جداول (۱ تا ۱۲) نشان داده‌شده است.



شکل ۱: نقشه موقعیت نمونه‌برداری در دو حوزه خلیج فارس و سایت محل دفن پسماند.



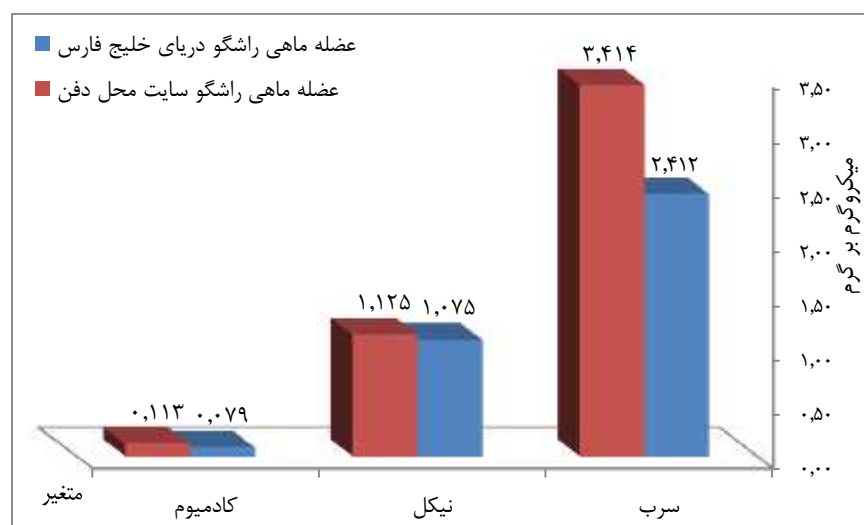
شکل ۲: مخلوط شیرابه و آب باران در سایت محل دفن پسماند شهر.

نتایج

نتایج میانگین نشان می‌دهد که سرب در عضله ماهی حوزه خلیج فارس $2/412$ میکروگرم بر گرم با انحراف معیار $0/508$ بوده است و میانگین سرب در عضله ماهی سایت محل دفن پسماند $3/414$ میکروگرم بر گرم با انحراف معیار $0/403$ بوده که مقدار سرب بیشتری را در عضله ماهی سایت محل دفن پسماند نشان می‌دهد. میانگین نیکل در عضله ماهی حوزه خلیج فارس $1/075$ میکروگرم بر گرم با انحراف معیار $0/528$ بوده است و میانگین نیکل در عضله ماهی راشگو سایت محل دفن پسماند $1/125$ با انحراف معیار $0/523$ بوده که مقدار نیکل بیشتری را در عضله ماهی سایت محل دفن پسماند نشان می‌دهد (جدول ۱). میانگین کادمیوم در عضله ماهی خلیج فارس $0/079$ میکروگرم بر گرم با انحراف معیار $0/104$ بوده است و میانگین کادمیوم در عضله ماهی راشگو سایت محل دفن پسماند $0/113$ میکروگرم بر گرم با انحراف معیار $0/022$ بوده که مقدار کادمیوم بیشتری را در عضله ماهی راشگو سایت محل دفن پسماند نشان می‌دهد (شکل ۳).

جدول ۱: میانگین فلزات سنگین در عضله ماهی راشگوی معمولی *Eleutheronema tetradactylum* حوزه زیست.

عضله ماهی راشگو حوزه خلیج فارس		عضله ماهی راشگو سایت دفن پسماند	
متغیر	میانگین (میکروگرم)	انحراف معیار	میانگین (میکروگرم)
سرب	$2/412$	$0/508$	$3/414$
نیکل	$1/075$	$0/528$	$1/125$
کادمیوم	$0/079$	$0/104$	$0/113$

شکل ۳: مقایسه بین فلزات سنگین در عضله ماهی راشگوی معمولی (*Eleutheronema tetradactylum*) در سایت محل دفن و حوزه خلیج فارس.جدول ۲: مقایسه عضله ماهی راشگوی معمولی (*Eleutheronema tetradactylum*) از لحاظ میزان سرب (۱۳۹۴).

تعداد	میانگین	انحراف معیار	تفاوت میانگین	T	df	سطح معنی‌داری
۳۰	$2/412$	$0/508$	$0/350$	$4/075$	۵۸	$0/027$
۳۰	$3/414$	$0/403$				

$$H_0: \mu = \mu_0, H_1: \mu \neq \mu_0$$

ارزیابی اثرات فلزات سنگین (نیکل، سرب، کادمیوم) در فرآیند نفوذ شیرابه‌های دفن پسماند بر ماهی ... / عبدالخانی‌نژاد و همکاران

مقایسه عضله ماهی راشگو معمولی از لحاظ میزان سرب نشان می‌دهد که در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی‌داری وجود دارد. مطابق با استانداردهای (EPA) غلظت سرب در شیرابه محل دفن در هر دو حوزه بالاتر از حد مجاز تعیین شد (جدول ۲).

جدول ۳: مقایسه بین عضله ماهی راشگوی معمولی (*Eleutheronema tetradactylum*) از لحاظ میزان نیکل (۱۳۹۴).

متغیر	تعداد	میانگین	انحراف معیار	تفاوت میانگین	T	df	سطح معنی‌داری
عضله ماهی راشگو حوزه خلیج فارس	۳۰	۱/۰۷۵	۰/۵۲۸	۰/۰۹۰	۰/۶۳۵	۵۸	۰/۵۱۳
عضله ماهی راشگو پسماند دفن پسماند	۳۰	۱/۱۲۵	۰/۵۲۳				

$$H_0: \mu = \mu_0, H_1: \mu \neq \mu_0$$

مقایسه بین دو نوع عضله ماهی راشگو معمولی حوزه خلیج فارس و عضله ماهی سایت محل دفن از لحاظ میزان نیکل را نشان می‌دهد که بین دو مورد مطالعه از لحاظ میزان نیکل در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی‌دار نیست. مطابق با استانداردهای (EPA) غلظت نیکل موجود در شیرابه محل دفن $2.0 \mu\text{g/l}$ که در هر دو حوزه بالاتر از حد مجاز تعیین شد (جدول ۳).

جدول ۴: مقایسه بین عضله ماهی راشگوی معمولی *Eleutheronema tetradactylum* از لحاظ میزان کادمیوم (۱۳۹۴).

تعداد	میانگین	انحراف معیار	تفاوت میانگین	T	df	سطح معنی‌داری
۳۰	۰/۰۷۹	۰/۱۰۴	۰/۲۳۷	۵/۶۲۵	۵۸	۰/۰۰۹
۳۰	۰/۱۱۳	۰/۰۲۲				

$$H_0: \mu = \mu_0, H_1: \mu \neq \mu_0$$

مقایسه بین دو نوع عضله ماهی راشگو معمولی حوزه خلیج فارس و عضله ماهی راشگو حوزه دفن پسماند از لحاظ میزان کادمیوم را نشان می‌دهد که بین دو مورد مطالعه از لحاظ میزان کادمیوم در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی‌دار وجود دارد. مطابق با استانداردهای (EPA) غلظت کادمیوم در شیرابه محل دفن در هر دو حوزه بالاتر از حد مجاز تعیین شد (جدول ۴).

نتایج نشان می‌دهد که میانگین سرب در عضله ماهی راشگو 1.225 میکروگرم بر گرم با انحراف معیار 0.508 بوده است و میانگین سرب در عضله ماهی ماده 1.187 میکروگرم بر گرم با انحراف معیار 0.474 بوده که مقدار سرب بیشتری را در عضله سایت ماهی راشگو ماده نشان می‌دهد. میانگین نیکل در عضله ماهی راشگو 0.537 میکروگرم بر گرم با انحراف معیار 0.463 بوده است و میانگین نیکل در عضله ماهی راشگو ماده 0.537 میکروگرم بر گرم با انحراف معیار 0.512 بوده که مقدار نیکل در عضله ماهی راشگو در هر دو ماده تقریباً یکسان بوده است. میانگین کادمیوم در عضله ماهی راشگو 0.0485 میکروگرم بر گرم با انحراف معیار 0.068 بوده است و میانگین کادمیوم در عضله ماهی راشگو ماده 0.0305 میکروگرم بر گرم با انحراف معیار 0.043 بوده که مقدار کادمیوم بیشتری را در عضله ماهی راشگو نشان می‌دهد (جدول ۵).

جدول ۵: میانگین فلزات سنگین در عضله ماهی راشگوی معمولی (*Eleutheronema tetradactylum*) حوزه خلیج فارس بر حسب جنسیت (۱۳۹۴).

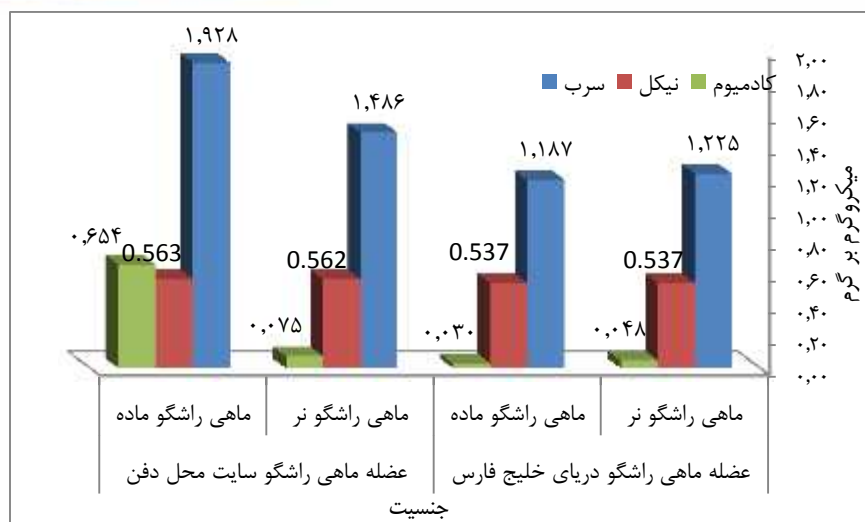
ماهی راشگو معمولی نر		ماهی راشگو معمولی ماده		
متغیر	میانگین (میکروگرم)	انحراف معیار	میانگین (میکروگرم)	انحراف معیار
سرب	۱/۲۲۵	۰/۵۰۸	۱/۱۸۷	۰/۴۷۴
نیکل	۰/۵۳۷	۰/۴۶۳	۰/۵۳۷	۰/۵۱۲
کادمیوم	۰/۰۴۸۵	۰/۰۶۸	۰/۰۳۰۵	۰/۰۴۳

نتایج نشان می‌دهد که میانگین سرب در سایت محل دفن پسماند در عضله ماهی راشگو نر ۱/۴۸۶ میکروگرم بر گرم با انحراف معیار ۰/۴۵۶ بوده است و میانگین سرب در عضله ماهی راشگو ماده ۱/۹۲۸ میکروگرم بر گرم با انحراف معیار ۰/۴۲۶ است که مقدار سرب بیشتری را در عضله ماهی ماده نشان می‌دهد. میانگین نیکل در عضله ماهی راشگو نر ۰/۵۶۲ میکروگرم بر گرم با انحراف معیار ۰/۵۰۴ بوده است و میانگین نیکل در عضله ماهی راشگو ماده ۰/۵۶۳ میکروگرم بر گرم با انحراف معیار ۰/۴۸۰ است که مقدار نیکل تقریباً مساوی را در عضله ماهی راشگو نر و ماده نشان می‌دهد. میانگین کادمیوم در عضله ماهی راشگو نر ۰/۰۷۵ میکروگرم بر گرم با انحراف معیار ۰/۴۶۳ بوده است و میانگین کادمیوم در عضله ماهی راشگو ماده ۰/۰۶۵۴ با انحراف معیار ۰/۱۲۲ بوده است که مقدار کادمیوم بیشتری را در عضله ماهی راشگو ماده نشان می‌دهد (جدول ۶).

جدول ۶: میانگین فلزات سنگین در عضله ماهی راشگوی معمولی (*Eleutheronema tetradactylum*) در سایت پسماند بر حسب جنسیت.

ماهی راشگو معمولی نر		ماهی راشگو معمولی ماده		
متغیر	میانگین (میکروگرم)	انحراف معیار	میانگین (میکروگرم)	انحراف معیار
سرب	۱/۴۸۶	۰/۴۲۶	۱/۹۲۸	۰/۴۵۶
نیکل	۰/۵۶۲	۰/۵۰۴	۰/۵۶۳	۰/۴۰۸
کادمیوم	۰/۰۷۵	۰/۴۶۳	۰/۶۵۴	۰/۱۲۲

توزیع میانگین ماهی در سایت محل دفن پسماند و حوزه خلیج فارس از لحاظ میزان سرب، نیکل و کادمیوم بر حسب جنسیت ماهی راشگو معمولی نشان داده شده است (شکل ۴).



شکل ۴: مقایسه بین فلزات سنگین در عضله ماهی راشگوی معمولی (*Eleutheronema tetradactylum*) در سایت محل دفن و خلیج فارس بر حسب جنسیت.

در بررسی‌های به عمل آمده در مقایسه بین عضله ماهی راشگو معمولی بر جنسیت ماهی راشگو آن از لحاظ فلزات سنگین از تحلیل واریانس چند متغیره (مانوا) استفاده شده است. با توجه به مقدار آزمون ام.باکس ($F=2/15$, $sig=0/003$) و $Box's M=43/25$ و متغیرهای وابسته فرض برابری ماتریس کوواریانس را تأیید نمی‌کند. نتایج آزمون لوین نشان داد که فرض برابری خطای واریانس در متغیر نیکل ($F=0/580$, $sig=0/543$)، در متغیر سرب ($F=1/209$, $sig=0/139$) و در متغیر کادمیوم ($F=2/503$, $sig=0/053$) تأیید می‌گردد نتایج تحلیل واریانس چند متغیره در جدول ۷ نشان داده شده است:

جدول ۷: آزمون‌های چند متغیره اثر سایت زیست ماهی راشگوی (*Eleutheronema tetradactylum*) بر متغیرهای وابسته (۱۳۹۴).

آزمون	مقدار	F	df	سطح معنی داری	Partial η^2
اثر پیلایی	۰/۵۰۴	۱۷/۲۳۱	۳	۰/۰۰۳	۰/۵۰۴
لاندا و یلکز	۰/۵۹۶	۱۷/۲۳۱	۳	۰/۰۰۳	۰/۵۰۴
اثر هتیلینگ	۰/۶۹۰	۱۷/۲۳۱	۳	۰/۰۰۳	۰/۵۰۴
بزرگ‌ترین ریشه روی	۰/۶۹۰	۱۷/۲۳۱	۳	۰/۰۰۳	۰/۵۰۴

نتایج تحلیل واریانس چند متغیره بین گروهی دوراهه در مورد سه متغیر وابسته فلزات سنگین نیکل، سرب و کادمیوم و متغیرهای مستقل سایت زیست ماهی راشگو معمولی اجرا شد که نتیجه حاصل از چهار آزمون اثر پیلایی، لاندا و یلکز، اثر هتیلینگ و بزرگ‌ترین ریشه روی نشان داد که متغیرهای وابسته به طور معنی داری از سایت زیست تأثیر می‌پذیرند ($F=17/23$, $P<0/003$, $Partial \eta^2=0/504$). تحلیل واریانس چند متغیره در جدول ۸ نشان داده شده است. ضریب اتا نشان می‌دهد ۵۰/۴ درصد واریانس متغیرهای وابسته نیکل، سرب و کادمیوم توسط سایت زیست ماهی راشگو معمولی قابل توجیه علمی است.

جدول ۸: آزمون‌های چند متغیره اثر جنسیت ماهی راشگوی معمولی (*Eleutheronema tetradactylum*) بر متغیرهای وابسته (۱۳۹۴).

آزمون	مقدار	F	df	سطح معنی‌داری	Partial η^2
اثر پیلائی	۰/۱۴۲	۱/۲۹۷	۳	۰/۴۲۷	۰/۱۴۲
لاندا ی ویلکز	۰/۷۴۲	۱/۲۹۷	۳	۰/۴۲۷	۰/۱۴۲
اثر هتیلینگ	۰/۱۴۸	۱/۲۹۷	۳	۰/۴۲۷	۰/۱۴۲
بزرگ‌ترین ریشه روی	۰/۱۴۸	۱/۲۹۷	۳	۰/۴۲۷	۰/۱۴۲

نتایج تحلیل واریانس چند متغیره بین گروهی دوراهه در مورد سه متغیر وابسته فلزات سنگین نیکل، سرب و کادمیوم و متغیرهای مستقل حوزه جنسیت ماهی را نشان می‌دهد که نتیجه حاصل از چهار آزمون اثر پیلائی، لاندا ی ویلکز، اثر هتیلینگ و بزرگ‌ترین ریشه روی نشان داد که متغیرهای وابسته به‌طور معنی‌داری از متغیر جنسیت تأثیر نمی‌پذیرند ($F=1/297, P<0/427, \text{Partial}\eta^2=0/142$). ضریب اتا نشان می‌دهد که ۱۴/۲ درصد واریانس متغیرهای وابسته نیکل، سرب و کادمیوم توسط جنسیت ماهی راشگو معمولی قابل توجیه است. مقایسه‌های جداگانه عضله ماهی راشگو از لحاظ هریک از متغیرهای وابسته برحسب سایت زیست و جنسیت ماهی راشگو در جدول ۹ نشان داده شده است:

جدول ۹: تعیین تأثیر عوامل بین آزمودنی‌ها.

متغیر	مجموع مجزورات	df	میانگین مجزورات	F	سطح معنی‌داری	Partial η^2
مدل تصحیح شده	سرب	۳	۲/۸۸۵	۱۷/۳۸۱	۰/۰۰۱	۰/۴۳۲
	نیکل	۳	۰/۰۴۰	۰/۱۶۷	۰/۸۳۴	۰/۰۰۴
	کادمیوم	۳	۰/۰۱۷	۴/۱۶۴	۰/۰۳۵	۰/۲۶۹
عرض از مبدأ	سرب	۱	۸۳۳۸/۸۰۷	۴۸۵۴/۷۷	۰/۰۰۱	۰/۷۶۵
	نیکل	۱	۹۱/۱۴۳	۳۲۱/۲۹۰	۰/۰۰۱	۰/۷۳۹
	کادمیوم	۱	۰/۶۵۵	۱۱۵/۸۵	۰/۰۰۱	۰/۵۹۰
سایت زیست	سرب	۱	۶/۳۳۸	۳۸/۱۷۶	۰/۰۰۱	۰/۴۸۳
	نیکل	۱	۰/۱۰۹	۰/۳۹۰	۰/۶۴۳	۰/۰۰۳
	کادمیوم	۱	۰/۰۴۵	۷/۶۴۲	۰/۰۰۸	۰/۱۲۰
جنسیت	سرب	۱	۱/۱۶۲	۶/۹۸۳	۰/۰۱۱	۰/۱۱۱
	نیکل	۱	۱/۵۳	۰/۰۰۰	۰/۶۸۸	۰/۰۰۰
	کادمیوم	۱	۰/۰۰۸	۰/۹۸۲	۰/۳۲۶	۰/۰۱۱
خطا	سرب	۵۸	۰/۱۵۳			
	نیکل	۵۸	۰/۲۶۹			
	کادمیوم	۵۸	۰/۰۰۵			
کل	سرب	۶۰	۸۵۶/۷۶۰			
	نیکل	۶۰	۱۰۸/۸۴۷			
	کادمیوم	۶۰	۱/۰۱۷			

مقایسه‌های جداگانه نشان می‌دهد که بین عضله ماهی راشگو ماهی حوزه خلیج فارس و سایت محل دفن پسماند شهری از لحاظ میزان سرب و کادمیوم و در سطح $P<0/05$ تفاوت معنی‌دار وجود دارد. ضریب اتا نشان می‌دهد که ۴۸/۳ درصد واریانس میزان سرب و ۱۲ درصد کادمیوم توسط

ارزیابی اثرات فلزات سنگین (نیکل، سرب، کادمیوم) در فرآیند نفوذ شیرابه‌های دفن پسماند بر ماهی ... / عبدالخانی‌نژاد و همکاران

حوزه زیست ماهی راشگو قابل تبیین است. ولی بین عضله ماهی راشگو حوزه خلیج فارس و سایت دفن محل پسماند شهری از لحاظ میزان نیکل در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی‌دار وجود ندارد.

جدول ۱۰: مقایسه عضله ماهی راشگوی معمولی (*Eleutheronema tetradactylum*) از لحاظ فلزات سنگین (آزمون بونفرونی).

متغیر	گروه (I)	گروه (II)	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری
سرب	ماهی راشگو حوزه خلیج فارس	ماهی راشگو سایت محل دفن پسماند	۰/۶۸۷	۰/۱۰۹	۰/۰۰۱
نیکل	ماهی راشگو حوزه خلیج فارس	ماهی راشگو سایت محل دفن پسماند	۰/۰۹۰	۰/۱۴۶	۰/۵۳۱
کادمیوم	ماهی راشگو حوزه خلیج فارس	ماهی راشگو سایت محل دفن پسماند	۰/۰۴۳	۰/۰۲۹	۰/۰۰۴

نتایج آزمون بونفرونی نشان می‌دهد مقایسه بین عضله ماهی راشگو معمولی از لحاظ میزان فلزات سنگین که در سطح $P < 0.05$ از لحاظ میزان سرب و کادمیوم در عضله ماهی حوزه خلیج فارس و سایت محل دفن پسماند شهری تفاوت معنی‌دار وجود دارد. ولی بین میزان نیکل در ماهی راشگو حوزه خلیج فارس و سایت محل دفن تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۱۰).

جدول ۱۱: مقایسه عضله ماهی راشگوی معمولی (*Eleutheronema tetradactylum*) از لحاظ فلزات سنگین بر حسب جنسیت (آزمون بونفرونی).

متغیر	گروه (I)	گروه (II)	تفاوت میانگین‌ها	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری
سرب	ماهی نر	ماهی ماده	۰/۲۷۷	۰/۱۰۹	۰/۱۱۴
نیکل	ماهی نر	ماهی ماده	۰/۰۰۱	۰/۱۴۶	۰/۷۵۶
کادمیوم	ماهی نر	ماهی ماده	۰/۰۱۳	۰/۰۲۹	۰/۳۱۳

مقایسه بین عضله ماهی راشگو معمولی از لحاظ میزان فلزات سنگین نشان می‌دهد که در سطح $P < 0.05$ از لحاظ میزان سرب نیکل و کادمیوم در عضله ماهی نر و ماده تفاوت معنی‌دار وجود ندارد (جدول ۱۱).

جدول ۱۲: ماتریس همبستگی بین وزن و طول ماهی راشگوی معمولی (*Eleutheronema tetradactylum*) با فلزات سنگین.

متغیر	متغیر	۱	۲	۳	۴
۱	سرب	ضریب همبستگی	۱		
		سطح معنی‌داری			
۲	نیکل	ضریب همبستگی	۰/۱۳۲	۱	
		سطح معنی‌داری	۰/۳۵		
۳	کادمیوم	ضریب همبستگی	۰/۲۷۰*	۰/۳۶۵**	۱
		سطح معنی‌داری	۰/۰۳۴	۰/۰۰۳	

متغیر	متغیر	۱	۲	۳	۴
۴ طول	ضریب همبستگی	-۰/۱۳۶	-۰/۱۰۹	-۰/۲۴۵	۱
	سطح معنی‌داری	۰/۲۷۶	۰/۴۳۸	۰/۰۶۴	
۵ وزن	ضریب همبستگی	-۰/۲۴۱	۰/۰۷۵	-۰/۱۵	۱
	سطح معنی‌داری	۰/۰۵۸	۰/۵۶۴	۰/۱۷۲	۰/۲۳
* در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است. ** در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.					

نتایج ماتریس همبستگی نشان می‌دهد که بین طول ماهی با میزان فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم در سطح $P < 0/05$ رابطه معنی‌دار وجود ندارد. همچنین بین وزن ماهی با فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم در سطح $P < 0/05$ رابطه معنی‌دار وجود ندارد (جدول ۱۲).

بحث و نتیجه‌گیری

غلظت عناصر مورد مطالعه در شیرابه در مقایسه با استانداردهای (EPA) بیش‌ازحد مجاز تعیین می‌باشد. در این مطالعه مشخص شد که عضله ماهی راشگو معمولی در سایت محل دفن پسماند غلظت بیشتری از سرب را نسبت به نیکل و کادمیوم نشان داد. در مقایسه داده‌های فلزات سنگین شیرابه با نمونه‌های ماهی در آب‌های حوزه خلیج فارس ملاحظه گردید که برای کلیه عناصر غلظت قابل جذب در راشگو ماهیان در حوزه پسماند محل دفن پسماند بالاتر از نمونه‌های آب‌های خلیج فارس است. امروزه کاربرد سرب ممکن است به‌صورت فلز و یا به شکل آلیاژهای آن با سایر عناصر و یا به‌صورت ترکیبات شیمیائی مربوطه باشد که عدم توجه به تفکیک از مبدأ باعث افزایش آن در شیرابه پسماندهای شهری شده است. بزرگ‌ترین مصرف سرب در باتری‌های انبارهای است که این باتری‌ها برای ماشین‌های حمل‌ونقل و سائل ارتباطات و صنایع الکتریکی دارای مصرف فراوانی است.

در این شهر، در مجاورت دریا و بافاصله حدوداً ۵ کیلومتری نیروگاه اتمی بوشهر سایت دفن پسماند قرار دارد که قبلاً به‌صورت تلبار و روباز بوده ولی اکنون به شیوه سراسیمی دفع صورت می‌گیرد. شیرابه ناشی از مواد آلی پسماند در پایین‌دست محل و در مجاورت دریا جریان دارد. لذا با توجه به نزدیکی به نیروگاه اتمی و نزدیک بودن دریا و نیز بالا بودن میزان زه آب در محل سایت این محل عملاً به کانون آلودگی‌های زیست‌محیطی تبدیل شده و مخاطرات زیست‌محیطی زیادی را به وجود آورده است.

بالاتر بودن غلظت قابل جذب عناصر سنگین در شیرابه محل دفن پسماند مورد بررسی نشانگر ورود این آلاینده‌ها به حوزه خلیج فارس است و با مقایسه با نتایج حد آستانه سازمان بهداشت جهانی عناصر در شیرابه محل دفن پسماند مشخص شد که غلظت عنصر سرب در شیرابه (۱/۲۲۵-۳/۴۱۴) میکروگرم بر گرم و در حوزه خلیج فارس (۰/۵۳۷-۲/۴۱۲) میکروگرم بر گرم بالاتر از حد استاندارد (۰/۵ میلی گرم در کیلوگرم) قرار دارد. محیط‌زیست حوزه خلیج فارس به علت شرایط اکولوژیک خاصی که دارد و بهره‌گیری‌هایی که از این محیط و منابع آن می‌شود در معرض مخاطراتی به‌طور مستمر قرار گرفته است. خلیج فارس در زمره یکی از باارزش‌ترین زیست‌بوم‌های آبی جهان محسوب می‌گردد که باوجود متنوع‌ترین رویش‌های گرمسیری، گونه‌های مختلف جانداران آبی دارای شرایط بسیار ویژه‌ای است که محیط‌زیست آن‌ها تبدیل به محیطی بسیار حساس و شکننده کرده است (لطفی، ۱۳۸۹).

همان‌طور که ذکر شد باگذشت زمان، غلظت فلزات سنگین و عناصر غذایی مورد بررسی در ماهی راشگو معمولی در کلیه نمونه‌های ماهی در دو حوزه مورد مطالعه تفاوت معناداری مشاهده شد. افزایش فلزات سنگین در شیرابه‌های سایت محل دفن ناشی از تجزیه مواد معدنی و شیمیایی موجود در پسماندهای خانوار است که به علت تفکیک از مبدأ و جداسازی زباله در بستر بود. به‌طوری‌که روند رو به رشد غلظت فلزات سنگین و عناصر غذایی با مقایسه غلظت استاندارد سازمان بهداشت جهانی بیشترین غلظت در سایت محل دفن به مربوط به سرب، کادمیوم و نیکل $3/414 \pm 3$ میلی گرم بر کیلوگرم و $1/125 \pm 9$ میلی گرم بر کیلوگرم، $0/113 \pm 5$ میلی گرم بر کیلوگرم به دست آمد. همچنین، بیشترین غلظت در

حوزه خلیج فارس به مربوط به سرب، کادمیوم و نیکل $2/412 \pm 5$ ، میلی گرم بر کیلوگرم و $1/075 \pm 8$ ، میلی گرم بر کیلوگرم $0/079 \pm 5$ میلی گرم بر کیلوگرم به دست آمد.

نتایج این تحقیق نشان داد که حوزه خلیج فارس توزیع میانگین سرب در عضله ماهی راشگو معمولی ماده بالاتر بوده. همچنین در بررسی‌های به عمل آمده مشخص شد که میانگین نیکل در عضله ماهی در نر و ماده تقریباً یکسان بوده است. میانگین کادمیوم در عضله ماهی راشگو نر که مقدار کادمیوم بیشتری را نشان می‌دهد. غلظت فلزات به دست آمده حاصل از این تحقیق بالاتر از حد مجاز استاندارد توصیه شده است. بر اساس استاندارد (W.H.O, 1984) حد مجاز فلزات سنگین در آب‌های طبیعی برای فلزات سرب و کادمیوم و نیکل به ترتیب $0/05$ ، $0/01$ ، $0/2$ میلی گرم بر لیتر توصیه شده است که نتایج این تحقیق بالاتر از حد استاندارد توصیه شده است. منابع اصلی فلزات سنگین معمولاً پساب‌های صنعتی حاصل از کارخانه‌های تولیدی، آب فلزکاری و معادن است، سایر منابع این فلزات در آب‌های سطحی، فاضلاب‌های شهری، کشاورزی و همچنین آب‌های حاصل از شست‌وشوی جاده‌ها است (کفیل‌زاده، ۱۳۸۲؛ Stanley, 1999).

در مطالعه‌ای در سال (۲۰۰۹) بر روی آب‌های زیرزمینی مجاور لندنفیل دو شهر کشور هندوستان انجام شد، پارامترهای شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج این تحقیق حاکی از افزایش قابل توجه غلظت این پارامترها در نتیجه آلودگی قطعی نمونه‌های آب به شیرابه می‌باشد (Khitoliya et al., 2009). همچنین نتایج حاصل از مطالعه مشابه دیگر، نشان داد که غلظت اغلب پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده آب در محل دفن پسماند بالاتر از سطح استانداردهای قابل قبول آب شرب بوده است (Al Sabah et al., 2009).

علت اختلاف معنی‌دار بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در فلزات سنگین در عضله ماهی راشگو در مقایسه با حوزه خلیج فارس و محل دفع پسماند در درجه اول می‌توان به نشن شیرابه ناشی از لندنفیل نسبت داد. با توجه به اینکه راشگوی معمولی در آب‌های ساحلی کم‌عمق با بستر شنی یا گلی زندگی می‌کنند دارای حرکات بسیار کندی بوده و غالباً به آرامی باقی می‌ماند. بنابراین غلظت فلزات سنگین و عناصر غذایی مورد بررسی در ماهی راشگو معمولی در به دلیل خصوصیات زیستی در سایت محل دفن پسماند در مقایسه با حوزه خلیج فارس تفاوت معناداری مشاهده شد ($P < 0/05$).

سایت محل دفن پسماند شهری به لحاظ کنترل فعالیت‌های شهرداری، حمل‌ونقل به موقع، رعایت اصول بهداشت و بهسازی محیط محل دفن، جداسازی پسماند تر و خشک و جلوگیری از ریزش مواد آلی به ساحل و ورود آلاینده‌های فلزی شهرک‌های صنعتی در خروجی بوشهر بایستی مورد توجه خاص مسئولین قرار گیرد تا در صورت امکان از ورود مواد صنعتی به اکوسیستم حساس و سواحل حوزه خلیج فارس پیشگیری گردد. نتایج نشان می‌دهد که میانگین سرب در سایت محل دفن پسماند در عضله ماهی راشگو نر میزان بالاتری را در عضله ماهی ماده راشگو نشان می‌دهد. در این تحقیق مشخص شد که مقدار نیکل در عضله ماهی راشگو نر و ماده تقریباً یکسان است. همچنین میانگین کادمیوم در عضله ماهی راشگو نر بالاتر از ماهی ماده نشان می‌دهد.

افزایش ناوگان حمل نقل حوزه‌ای بر آلودگی آب دریا در محل تخلیه و بارگیری می‌افزاید و بدین منظور جهت مراقبت از مصب‌های تالاب‌ها و خلیج‌ها که عمده‌تاً مکان‌های ورود و خروج کشتی‌ها می‌باشند ضرورت می‌یابد که دائماً «با بررسی‌های زیست‌محیطی و آلودگی آب موردنظر قرار گیرد. در این راستا بررسی آلودگی نفتی و فلزات سنگین در خروجی تالاب انزلی و کانال کشتیرانی محل استقرار کشتی‌ها، لنج... مورد توجه قرار گرفته است (خداپرست، ۱۳۸۶).

یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های اقیانوس‌ها و دریاها هیدروکربن‌های نفتی است که منشأ آن بهره‌برداری از فلات قاره‌ای، حمل‌ونقل حوزه‌ای، حوادث غیرمترقبه، ضایعات پالایشگاه‌های نفت و گاز است (Thrman and Weber, 1993). یکی از دلایل عمده افزایش فلزات سنگین در حوزه خلیج فارس خصوصیت نیمه بسته بودن خلیج فارس همراه با پایین بودن میزان جابجایی و تبادل آب با اقیانوس هند، کمبود میزان بارندگی سالانه

و کافی نبودن آب‌های ورودی به محیط همراه با تبخیر بیش‌ازاندازه آب، به‌طور طبیعی ظرفیت خلیج‌فارس را درزمینهٔ پخش و پراکندگی و خود پالایی آلودگی‌ها محدود ساخته است (لطفی، ۱۳۸۹).

وجود منابع سرشار نفت در خلیج‌فارس باعث رشد شهری و صنعتی این منطقه شده و افزایش جمعیت را در پی داشته است. این تمرکز جمعیت و فعالیت‌های صنعتی باعث تخریب در اکوسیستم آبی منطقه شده است. تخلیه زباله و مواد زائد، شستشوی کشتی‌ها، یدک‌کش که در حال آلوده‌شد هستند، تردد نفت‌کش‌ها و دفع فاضلاب پالایشگاه‌ها و نیز آتش‌سوزی در اسکله‌های نفتی و تجاری همه و همه باعث آلودگی و دگرگونی‌های بزرگی در اکوسیستم خلیج‌فارس شده است که اگر ادامه پیدا کند عوارض جبران‌ناپذیری را به وجود خواهد آورد. به دلایل فوق و دیگر دلایل ذیل ازجمله: استخراج منابع نفتی، نشست نفت، تولید مواد پتروشیمی، صنعتی شدن کشورهای حاشیه به‌طور بی‌رویه، نبود مدیریت علمی منسجم، تردد زیرحوزه‌ی‌ها و غیره، خلیج‌فارس یکی از آلوده‌ترین مناطق حوزه‌ی از نظر زیست‌محیطی است، به‌نحوی که می‌توان گفت کمتر منطقه‌ای در جهان با چنین ابعادی در ویرانی محیط‌زیست مواجه بوده است (لطفی، ۱۳۸۹).

در این تحقیق انجام‌شده مشخص شد که به نظر می‌رسد یکی از عوامل اصلی که در افزایش غلظت فلزات سنگین در ماهی راشگو معمولی در حوزه خلیج‌فارس استخراج منابع نفتی، نشست نفت، تولید مواد پتروشیمی، صنعتی شدن کشورهای حاشیه خلیج‌فارس باشد. دریاها و اقیانوس‌ها گذشته از یک منبع غذایی مهم و استفاده از آن‌ها در امور ترابری، به‌عنوان محل تخلیه زباله و فاضلاب و پساب نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر یک از این فعالیت‌ها، می‌بایست تحت کنترل و نظارت دولت یا مجامع بین‌المللی انجام پذیرد. بسیاری از کشورها درحال توسعه حاضر، کنترل خاصی بر تخلیه زباله‌ها و فاضلاب‌ها و پساب‌ها و دیگر مواد آلوده‌کننده اعمال می‌کنند اما رشد جمعیت و توسعه همه‌جانبه، نیاز به استفاده از دریاها و اقیانوس‌ها را برای تخلیه زباله، پساب صنایع، لجن، فاضلاب شهرها و ضایعات ناشی از لایروبی بندرها رودخانه‌ها، افزایش می‌دهد. به‌این‌ترتیب، آلودگی‌های ناشی از فاضلاب واردشده به رودخانه‌ها، خلیج‌ها، مدخل رودخانه‌ها و دیگر منابع افزایش می‌یابند؛ و این افزایش فلزات سنگین بر روی چرخه غذایی اثرات زیانباری زیادی را به همراه دارد؛ و باعث تجمع در بدن آبزیان مصرفی می‌شود.

در اینجا قابل‌ذکر است که نیاز به همکاری بین‌المللی قوی‌تر درزمینه‌ی بررسی مسائل زیست‌محیطی سبب گردیده تا سازمان ملل متحد در برنامه زیست‌محیطی خود، با همکاری دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی و در طی گردهمایی‌ها، جلسات و مطالعات بین‌المللی متعدد، طی دو دهه اخیر، اطلاعات و راه‌حل‌های اساسی در مورد وسایل گوناگون زیست‌محیطی را در اختیار مجامع بین‌المللی قرار دهد (لطفی، ۱۳۸۹). خلیج‌فارس به‌عنوان یک اکوسیستم منحصربه‌فرد و نیز به‌عنوان یک آبراه حیاتی بین‌المللی علاوه بر آسیب‌های ناشی از تردد نفت‌کش‌ها و نیز استخراج نفت از فلات قاره، جنگ اول و دوم خلیج‌فارس و نیز به لحاظ رشد شهرنشینی، توسعه فعالیت‌های صنعتی و بهره‌برداری غیرمنطقی از منابع شدیداً در زیر فشار قرار دارد و این دریا به محل تخلیه حجم عظیمی از فاضلاب‌های شهری و صنعتی تبدیل شده است. لذا در جهت بهسازی و پاک‌سازی این اکوسیستم از آلودگی‌ها، همکاری‌های زیست‌محیطی کشورهای پیرامون خلیج‌فارس در جهت تصمیم‌گیری صحیح و راهبردی ضرورت داشته و همچنین رعایت دقیق قراردادهای بین‌المللی، جلوگیری از آلودگی حوزه‌ای و ترابری صحیح قوانین و ضوابط محیط‌زیست حوزه‌ای جزء ملزومات هستند موجب می‌شود تا کاهش آلاینده‌های شیمیایی و در پی آن کاهش تجمع فلزات سنگین در بدن آبزیان خصوصاً ماهیان شاهد باشیم. از سوی دیگر وجود مقادیر نسبتاً زیاد از تجمع این فلزات در ماهیان راشگو را می‌توان به آلودگی آب محل زیست این ماهیان (خلیج‌فارس) نسبت داد. علاوه بر این میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم در بافت عضله ماهیان راشگو بالاتر از حد مجاز استاندارد برای مصارف انسانی تشخیص داده شد.

در این تحقیق ضریب اتا نشان می‌دهد که بالاترین غلظت قابل‌جذب برای عنصر سرب $48/3$ درصد میزان سرب، کادمیوم 12 و نیکل 3 درصد به ترتیب توسط حوزه زیست قابل تبیین است. سرب یکی از چهار فلزی است که بیش‌ترین عوارض را بر روی سلامتی انسان دارد (Berlin, 1985). افزایش نیکل در شیرابه تقاضا در فولاد ضدزنگ ناشی می‌شود. نیکل در صنایع الکترونیکی رشد قابل‌توجهی درزمینه‌ی فناوری داشته

است. استفاده آن در تلفن‌های همراه، کامپیوتر، دوربین‌های دیجیتالی به دلیل کوچک بودن وزن کمی داشته که ظرفیت بالای قدرتی صنایع نیکل، کادمیوم و دیگر آلیاژهای نیکل آن‌ها را برای تولید این محصولات بااهمیت نموده است.

نتایج این بررسی نشان می‌دهد که بین طول ماهی راشگو معمولی با میزان فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم در سطح $P < 0.05$ رابطه معنی‌دار وجود ندارد. همچنین بین وزن ماهی با فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم در سطح $P < 0.05$ رابطه معنی‌دار وجود ندارد. علت تفاوت تجمع فلزات سنگین در بدن ماهیان با توجه به شرایط اکولوژیک و زیستی و فعالیت‌های متابولیکی متفاوت است (Canli, and Atli 2003); و به محل زندگی، رفتار تغذیه‌ای، سطوح غذایی، سن، اندازه، زمان ماندگاری فلزات سنگین و فعالیت‌های تنظیمی هورمون‌سازی بدن ماهی بستگی دارد (Burger et al., 2002). این راشگو معمولی به‌طور عمده در سواحل استان بوشهر، صید می‌شود. با توجه به اینکه این مناطق میزبان صنایع متعددی هستند، احتمال ورود مواد آلاینده این صنایع به اکوسیستم‌های حوزه‌ای زیاد است. نتایج به‌دست‌آمده نیز گویای آلوده بودن بستر زیست این دو گونه ماهی می‌تواند باشد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که وجود سطوح بالای این فلزات در بافت عضله این ماهی ناشی از ورود آلاینده‌های صنایع مختلف به محل زندگی این آبزیان است. از سویی با توجه به نظریه Capuzzo (1985) و همکاران هنگامی که فلزات سنگین بیش‌ازحد در محیط وجود داشته باشند به‌عنوان بازدارنده‌های آنزیمی عمل می‌کنند. همچنین میزان جذب و تجمع فلزات سنگین در ماهی می‌تواند تحت تأثیر شرایط فیزیکی و شیمیایی آب، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب، عادات تغذیه‌ای و عوامل دیگر باشد (Canli and Atli, 2003). لذا با توجه به گوشت‌خوار بودن ماهی راشگو احتمال انتقال این فلزات از زنجیره غذایی و از طریق تغذیه نیز وجود دارد.

برخلاف دیگر آلاینده‌های با منشأ آلی، فلزات در اکوسیستم تخریب و یا حذف نمی‌شود (Rajkowska and Protasowicki, 2013). فلزات سنگینی مانند مس و روی برای سوخت‌وساز ماهی ضروری هستند، درحالی‌که دیگر فلزات مانند جیوه، کادمیوم و سرب نقش شناخته‌شده‌ای در سامانه‌های زیستی ندارند. ماهی برای سوخت‌وساز طبیعی، فلزات ضروری را از آب، غذا و یا رسوب جذب می‌کند که مشابه با فلزات ضروری، فلزات غیرضروری نیز توسط ماهی جذب می‌شوند (Yia and Zhang, 2012). اثر فلزات سمی می‌تواند به‌صورت حاد، مزمن یا تحت مزمن باشد. همچنین برخی از این فلزات سرطان‌زا، جهش‌زا و یا تراژون هستند. فلزات سنگین یکی از پنج نوع عمده آلاینده‌های سمی موجود در آب هستند (El-Morshedi et al., 2014). افزون بر این در معرض قرارگیری با این فلزات تهدیدهای جدی دیگری مانند نارسایی کلیه، کبد، بیماری‌های قلبی و عروقی و حتی مرگ را نیز به همراه خواهد داشت (Al-Busaidi et al., 2011; Rahman et al., 2012). ماهی منبع مهم پروتئین است و به‌طورمعمول غنی از مواد معدنی ضروری، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب غیراشباع است. در سال‌های اخیر، هم‌زمان با افزایش مصرف جهانی ماهی به دلیل مزایای تغذیه‌ای و درمانی آن، نگرانی در مورد آلودگی آن نیز افزایش یافته است، چراکه ماهی می‌تواند با طیف وسیعی از مواد شیمیایی پایدار در محیط‌زیست، ازجمله فلزات سنگین آلوده شود (El-Moselhy et al., 2014). فلزات سنگین در ماهی نه‌تنها نشان‌دهنده خطر بالقوه برای خود ماهی است بلکه تهدیدی برای پرندگان ماهی‌خوار، پستانداران و حتی انسان نیز به شمار می‌رود (Merciai et al., 2014).

منابع

- عابدی کوهپایی، ج.، ۱۳۷۹. تأثیر دفن زباله مشهد بر آلودگی آب زیرزمینی. چهارمین کنفرانس ملی بهداشت محیط یزد، صفحات ۷۲۰-۷۱۴.
- رجایی، ا. و رجایی، ق.، ۱۳۸۳. تکنولوژی صنعت و توسعه شیلات. تازه‌های کشاورزی، سال پنجم، شماره ۴۱-۴۲، صفحات ۲۵-۲۱.
- کفیل زاده، ف.، اسماعیلی ساری، ع.، فاطمی، س. م. و وثوقی، ش.، ۱۳۸۲. بررسی آلودگی نفتی با تراکم صدف مروارید ساز محار (*Pinctata fucata*) در خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران، (۴)، صفحات ۱۴۱-۱۲۷.

- لطفی، ح.، بقایی، ح.، موسوی، س. ر. و خیامباشی، س.، ۱۳۸۹. محیط‌زیست خلیج فارس و حفاظت از آن. فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیای انسانی، سال سوم، شماره اول، صفحات ۹-۲.
- جافریان، ا.، محمدی، م.، قاسمی، س.، حسینی، س. ج.، ۱۳۸۹. بررسی جمعیت ماهی راشگو معمولی *Eleutheronema tetradactylum* با استفاده از نشانه‌گر ریزماهواره، مجله علوم و فنون دریایی، ۲ (۵) صفحات ۴۰۳-۴۰۱.
- کافیل‌زاده، ف.، ۱۳۸۴. غلظت کادمیوم، روی، مس، آهن و نیکل در یک رودخانه خشک شیراز و برخی محصولات کشاورزی مجاور. مجله بین‌المللی پژوهش‌های زیست‌محیطی، جلد ۸، شماره ۴، صفحات ۷۵-۶۷.
- خداپرست، ج.، ۱۳۸۶. بررسی هیدروکربوری نفت در رودخانه‌های تالاب انزلی و کشتی‌های ساحلی دریای خزر (منطقه گیلان). گروه محیط‌زیست گیلان، صفحه ۸۹.
- ظفری، ا.، ۱۳۸۷. مروری بر قوانین محیط‌زیست خلیج فارس با تأکید بر محیط‌زیست دریایی. مجموعه مقالات همایش ملی جایگاه خلیج فارس در تحولات استراتژیک جهان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار.

Al Sabahi, E., Abdul Rahim, S., Wan Zuhairi, W. Y., Al Nozaily, F. and Alshaebi, F., 2009. The charactristis of leachate and groundwater pollution at municipal solid waste landfill of Ibb city, Yemen. American Journal of environmental Sciences, 5: 256 -266.

Abu- Rukah, Y. and Osama, A., 2001. The assessment of the effect of landfill leachate on ground -water quality-a case study:El-A kader land fill site- north Jordan. Journal of Arid Environments; 49: 615- 630.

Al-Busaidi, M., Yesudhason, P., Al-Mughairi, S., Al-Rahbi, W. A. K., Al-Harthy, K. S. and Al-Mazrooei, N. A., 2011. Toxic metals in commercial marine fish in Oman with reference to national and international standards. Chemosphere, 85(1): 67-73.

Berlin, M., 1985. Handbook of the Toxicology of Metals. Elsevier Science Publishers, 2nd ed. London. 2 ed, PP. 376 -405.

Bouma, j., 2003. Irrigation with reclaimed municipal wastewater-A guidance manual. Agricultural Water Management, 12:255-256.

Burger, J., Gaines, K. F., Boring, C., Stephenes, W. L., Snodgrass, J. and Dixon, C., 2002. Metal levels in fish from the Savannah River: Potential hazards to fish and other receptors. Journal of Environmental Research, 89: 85-97.

Canli, M. and Atli, G., 2003. The relationships between heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe,Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Journal of Environmental Pollution. Vol. 121.pp.129 – 136.

Cappuzzo, J. M., Burt, W. V., Duedall, I. W., Park, P. K. and Kester, D. R., 1985. The impact of waste disposal in nearshore environment, in Wastes in the Ocean. John Wiley & Sons, New York.

De Mora, S., Fowler, S. W., Wyse, E. and Azemard, S., 2004. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Persian Gulf and Persian Gulf of Oman. Marine Pollution Bulletin. 49: 410-424.

El-Morshedi, N., Alzahrani, I., Kizilbash, N. A., Abdeen, A., El-Shebbly, A. A. and El-Berri, A., 2014. Effect of Heavy Metal Pollutants on Fish Population in two Egyptian Lakes. International Journal of Advanced Research, 2(1): 408-417.

El-Moselhy, Kh. M., Othman, A. I., El-Azem, H. A. and El-Metwally, M. E. A., 2014. Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences, 1: 97-105.

EPA, 1997. Drinking water standards environment of criteria and assessment.

EUWID, 2007. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety disbelieves predicted overcapacities on the waste market. EUWID 40/2007. Page 21.

FAO, 1984. Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery products (Food and Agricultural Organization). FAO fishery circular. 464: 5-100.

Iyengar, V., and Nair, P., 2000. Global outlook on nutrition and the environment: meeting the challenges of the next millennium. Science of the Total Environment. 249: 331-346.

Wagner, J. and Bilitewski, B., 2009. The temporary storage of municipal solid waste –Recommendations for a safe operation of interim storage facilities. Waste Management, (29) (5):1693-1701.

- Jaffar, M., Ashraf, M. and Rasool, A., 1998.** Heavy metal contents in some selected local freshwater fish and relevant waters. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 31(3): 189- 193.
- Khitoliyal, R. K., Arora, Sh., Jaitley, S., 2009.** Ground water contamination by municipal solid waste landfill: A case study: Proceedings of international conference on energy and environment.
- Merciai, R., Guasch, H., Kumar, A., Sabater, S., García-Berthou, E., 2014.** Trace metal concentration and fish size: Variation among fish species in a Mediterranean river. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 107: 154–161 PP.
- Moopam, 1983.** Manual of oceanographic observation and pollution analysis. Regional organization for the protection of marine environment (ROPME).
- Moore, B., Newman, S. J., Pember, M., Allsop A., Saunders, T., Ballagh, A. and et al., 2009.** Threadfin fisheries across the north. *Western Fisheries, WA Journal of Fishing and the Aquatic Environment*, September 2009. pp. 50-51PP.
- Moore, J. W., Ramamoorthy, S., 1884.** Heavy metals in natural waters. *Applied Monitoring and Impact Assessment*. Springer-Verlag. NY. pp. 1-268.
- Nair, J., Sekiozoic, V. and Anda, M., 2006.** Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste. *Bioresource Technology* 97, 2091-2095.
- Páez-Osuna, F. and Ruiz-Fernández, C., 1995.** Trace metals in the Mexican shrimp *Penaeus vannamei* from estuarine and marine environments. *Environ. Pollut.* 87: 243- 247 PP.
- Pember, M. B., Newman, S. J., Hesp, S. A., Yong, G. C., Skepper, C. L., Hall, N. G. and et al., (2005).** Biological parameters for managing the fisheries for Blue and Threadfin salmon, Estuary Rockcod, Malabar Grouper and Mangrove Jack in north - Western Australia. Fisheries Research and Development Corporation Final Report NO.02/003. Center for Fish and Fisheries Research, Murdoch University, Murdoch, WA.
- Pember, M. B., 2006.** Characteristics of fish communities in coastal waters of north-western Australia, including the biology of the threadfin species *Eleutheronema tetradactylum* and *Polydactylus macrochir*, PhD thesis, Murdoch Univ., Australia, Pp 102-109 PP.
- Rahman, M. S, Molla, A. H., Saha, N. and Rahman, A., 2012.** Study on heavy metals levels and its risk assessment in some edible fishes from Bangshi River, Savar, Dhaka, Bangladesh. *Food Chemistry*. 134(4): 1847-54 PP.
- Rajkowska, M. and Protasowicki, M., 2013.** Distribution of metals (Fe, Mn, Zn, Cu) in fish tissues in two lakes of different trophy in Northwestern Poland. *Environmental Monitoring and Assessment*. 185: 3493-3502
- Jose F., 2002.** Simultaneous use of agrochemical and geophysical methods to characterize abandoned landfill. *J Environmental Geology* 2002; 41: 898- 905. 8.
- Raghimi, M., 2000.** Need for standardization of urban waste management system the first conference to promote the development and standard, Institute of Iran Standards and Industrial Research. 2000: PP. 289 -292.
- Samir, M. S. and Shaker, I. M., 2008.** Assessment of heavy metals pollution in water and sediments and their effect on *Oreochromis niloticus* in the northern delta lakes, Egypt, 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, pp. 475-490.
- Stanley, E., 1999.** Environmental chemistry. 7th edition Lewis publishers, Washington D.C.
- Thrman, H. V. and Weber, H. H., 1993.** Marine Biology. Charles. E. Merali publishing company Abell and Howell company, Columbus. Ohio 43216, 385-395 p.p.
- Turkdogan, M. K., Fevzi, K., Kazim, K., Ilyas, T. and Ismail, U., 2003.** Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 13. pp. 175-179.
- Usero, J., Morillo, J. and Gracia, I., 2005.** Heavy metal concentrations in molluscs from the Atlantic coast of southern Spain. *Chemosphere*. 59: 1175–1181.
- Welch, D. J., Ballagh, A., Newman, S. J., Lester, R. J., Moore, B., Herwerden, L. and et al., 2010.** Defining the stock structure of northern Australia, s threadfin salmon species. FRDC project NO. 2007/032. pp. 13- 159.
- Yia, Y. J. and Zhang, S. H., 2012.** The relationships between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River. *Procedia Environmental Sciences*. 13: 1699-1707.