Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Wood and Forest Science and Technology

Print ISSN: 2322-2077
Online ISSN: 2322-2786

Comparison of heavy metals concentration in sediments and vegetative organs of two species of grey and red mangrove

Maryam Moslehi[*1] | Abdolrasoul Salmanmahiny[2] | Maryam Yaghoubzadeh[3] | Alireza Mikaeili Tabrizi[4] | Afshin Danehkar[5]

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bandarabbas, Iran. E-mail: m.moslehi@areeo.ac.ir
2. Professor, Dept. of Environmental Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: mahini@gau.ac.ir
3. Ph.D. Student of Land Use Planning, Dept. of Environmental Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: yaghobzadehmaryam@yahoo.com
4. Associate Prof., Dept. of Environmental Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: amikaeili@gau.ac.ir
5. Professor, Dept. of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: danehkar@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 06.18.2021
Revised: 08.03.2021
Accepted: 08.04.2021

Keywords:
Heavy metals,
Khor-e-Azini,
Mangrove forests,
Sirik

ABSTRACT

Background and Objectives: Mangrove forests of Iran; like anywhere else; are ecologically sensitive areas and exposed to a wide range of anthropogenic threats. Considering the ecological importance of Khor-e-Azini wetland as the only *Rizophora mucronata* (Lam) habitat in Iran and due to the lack of information on heavy metals pollution in this habitat, relevant investigation is of utmost importance for their better management. Hence, the aim of this study were to investigate the concentration of heavy metals in sediments and vegetative organs of *Avicennia marina* (Forssk) Vierh and *R. mucronata* and compare their concentrations with international standards to reveal the contamination status of this habitat. The ultimate goal was to provide information for pollution control at the source and more efficiently protect these sensitive ecosystems.

Materials and Methods: After a reconnaissance visit to the mangrove habitat, a six-hectare stand composed of *A. marina* and *R. mucronata* was selected and sampling was conducted using line sampling method. In the selected stand, three 300-meter transects, 100 meters apart from each other, were formed. In addition, six plots (20×20 m^2) were selected along transects at equal distances. To collect samples, 10 plots from among the 18 plots were selected in a complete random manner. Then, 5 to 10 trees higher than three meters were selected randomly for sampling of sediment, root and leaf of mangrove trees. Heavy metals concentrations were measured using an atomic absorption spectrophotometer. Also, the mean concentrations of heavy metals in sediments, roots and leaf of *A. marina* and *R. mucronata* were analyzed using Independent Sample T-test.

Results: The mean concentrations of heavy metals in sediments and organs of *A. marina* and *R. mucronata* showed no significant differences for Ni and Zn in sediments, roots and leaves of the two species, but the concentration of Cu in sediments (66.60; 39.91 µg/g), roots (70.99; 33.70 µg/g) and leaf (72.51; 20.85 µg/g) in the two species was significantly different at confidence level of 95%. Also, comparison of concentration of Zn, Cu and Ni in sediment samples of *A.marina* and *R. mucronata* with international and national standards showed that Zn was lower than the

international standard, but higher than the standard set for the Persian Gulf sediments. In addition, the concentration of Cu in sediments for the two species was higher than that of the international standard. Compared to the standard of the Persian Gulf sediments, Cu concentration in *A. marina* habitat was much higher and in *R. mucronata* habitat, somewhat higher than the standard. The concentration of Ni was much higher than the international and national standards.

Conclusion: Our results indicated that the concentration of Ni in the sediments of *A. marina* and *R. mucronata* was critically high and that of Cu was in a warning status based on the standard of the Persian Gulf sediments. Although no significant differences were detected for Zn and Ni concentrations in sediments and plant organs of *A. marina* and *R. mucronata*, Cu concentration in sediments, roots and leaf for the two species was significantly different with values for *A. marina* being higher than that in *R. mucronata.*

Cite this article: Moslehi, Maryam, Salmanmahiny, Abdolrasoul, Yaghoubzadeh, Maryam, Mikaeili Tabrizi, Alireza, Danehkar, Afshin. 2022. Comparison of heavy metals concentration in sediments and vegetative organs of two species of grey and red mangrove. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 28 (4), 119-134.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JWFST.2022.19223.1931
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۷۷
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۸۶

مقایسه غلظت فلزات سنگین در رسوب و اندام‌های رویشی دو گونه حرا و چندل

مریم مصلحی*[۱] | عبدالرسول سلمان ماهینی[۲] | مریم یعقوب‌زاده[۳] | علیرضا میکاییلی تبریزی[٤] | افشین دانه‌کار[٥]

۱. نویسنده مسئول، استادیار پژوهش بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران. رایانامه: m.moslehi@areeo.ac.ir

۲. استاد گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: mahini@gau.ac.ir

۳. دانشجوی دکتری آمایش محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: yaghobzadehmaryam@yahoo.com

٤. دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: amikaeili@gau.ac.ir

۵. استاد گروه محیط‌زیست، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: danehkar@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰۳/۲۸
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۰/۰۵/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۵/۱۳

واژه‌های کلیدی:
جنگل‌های مانگرو،
خورآذینی،
سیریک،
فلزات سنگین

چکیده

سابقه و هدف: جنگل‌های مانگروی ایران جزء مناطق حساس اکولوژیک هستند و در معرض طیف وسیعی از تهدیدات انسانی قرار دارند. با توجه به اهمیت اکولوژیک تالاب خورآذینی به‌عنوان تنها رویشگاه چندل در ایران و هم‌چنین به‌دلیل کمبود اطلاعات در زمینه آلودگی فلزات سنگین در محیط رشد این‌گونه، تعیین آلودگی‌های ناشی از فلزات سنگین در این منطقه می‌تواند به‌عنوان یکی از اقدامات مهم در جهت مدیریت بهتر منطقه باشد؛ بنابراین هدف از این پژوهش بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوب و اندام‌های رویشی دو گونه حرا (*Avicennia marina* (Forssk) Vierh.) و چندل (*Rizophora mucronata* (Lam)) و مقایسه آن با استاندارد جهانی است تا با آگاهی از وضعیت آلودگی رویشگاه مانگرو و درختان حرا و چندل، برنامه‌ریزی صحیح مدیریتی در جهت کنترل منابع آلودگی و حفاظت بوم‌سازگان حساس مانگرو انجام گیرد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور انجام مطالعه پس از بازدید اولیه از جنگل، یک توده شش هکتاری که مخلوطی از درختان حرا و چندل بود انتخاب و نمونه‌برداری با روش خط‌نمونه انجام گرفت. در توده انتخابی، سه خط‌نمونه به طول ۳۰۰ متر و با فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر در عرصه پیاده شد. روی هر یک از ترانسکت‌ها تعداد شش پلات با ابعاد ۲۰ در ۲۰ متر و به فاصله یکسان از یکدیگر مشخص شد. به‌منظور برداشت نمونه‌ها از تعداد ۱۸ پلات مشخص شده، تعداد ۱۰ پلات به‌صورت کاملاً تصادفی انتخاب و در داخل هر یک از پلات‌های تعیین‌شده نیز تعداد ۵ تا ۱۰ درخت با ارتفاع بیش از سه متر به‌صورت تصادفی انتخاب و نمونه‌برداری از رسوب، ریشه و برگ درختان حرا و چندل در زمان جزر انجام شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین نیکل، روی و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمیک، انجام شد. مقایسه

میانگین غلظت فلزات سنگین در رسوب، ریشه و برگ بین دو گونه حرا و چندل نیز با استفاده از آنالیز تی-مستقل انجام شد.

یافته‌ها: نتایج مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در رسوب و اندام‌های دو گونه درخت حرا و چندل نشان داد تفاوت معنی‌داری در غلظت فلز نیکل و روی در رسوب، ریشه و برگ دو گونه مورد مطالعه وجود ندارد، اما غلظت فلز مس در رسوب (٦٦/٦٠؛ ٣٩/٩١ میکروگرم بر گرم)، ریشه (٧٠/٩٩؛ ٣٣/٧٠ میکروگرم بر گرم) و برگ (٧٢/٥١؛ ٢٠/٨٥ میکروگرم بر گرم) دو گونه حرا و چندل از تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد برخوردار است. هم‌چنین مقایسه میزان غلظت سه فلز روی، مس و نیکل در نمونه‌های رسوب دو گونه حرا و چندل با استانداردهای جهانی و ملی نشان داد غلظت فلز روی، کم‌تر از استاندارد جهانی و بیش‌تر از استاندارد رسوبات خلیج‌فارس است. هم‌چنین، غلظت فلز مس در رسوبات هر دو گونه مورد بررسی در مقایسه با استانداردهای جهانی در وضعیت بالاتری قرار دارد و در مقایسه با استاندارد تعیین‌شده برای رسوبات خلیج‌فارس برای گونه حرا بسیار بالاتر از استاندارد و برای گونه چندل کمی بالاتر از حد استاندارد قرار دارد. بررسی غلظت فلز نیکل نیز نشان داد، شرایط آلودگی آن، بسیار بالاتر از حد استاندارد جهانی و ملی است.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان داد میزان غلظت فلزات نیکل و مس در رسوب هر دو گونه حرا و چندل در مقایسه با استاندارد تعیین‌شده برای خلیج‌فارس در شرایط بحرانی و فلز روی نیز در شرایط هشدار قرار دارد که این مسأله نشان‌دهنده آلوده بودن منطقه به فلزات سنگین است. نتایج هم‌چنین نشان داد اگرچه تفاوت معنی‌داری در میانگین غلظت دو فلز روی و نیکل در رسوب و اندام‌های گیاهی دو گونه حرا و چندل وجود ندارد ولی میانگین غلظت فلز مس در هر سه پارامتر رسوب، ریشه و برگ دو گونه مورد بررسی دارای تفاوت معنی‌داری بوده و در گونه حرا بسیار بیش‌تر از گونه چندل است.

استناد: مصلحی، مریم، سلمان ماهینی، عبدالرسول، یعقوب‌زاده، مریم، میکاییلی تبریزی، علیرضا، دانه‌کار، افشین (۱۴۰۰). مقایسه غلظت فلزات سنگین در رسوب و اندام‌های رویشی دو گونه حرا و چندل. *نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، ۲۸ (۴)، ۱۱۹-۱۳۴.

DOI: 10.22069/JWFST.2022.19223.1931

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

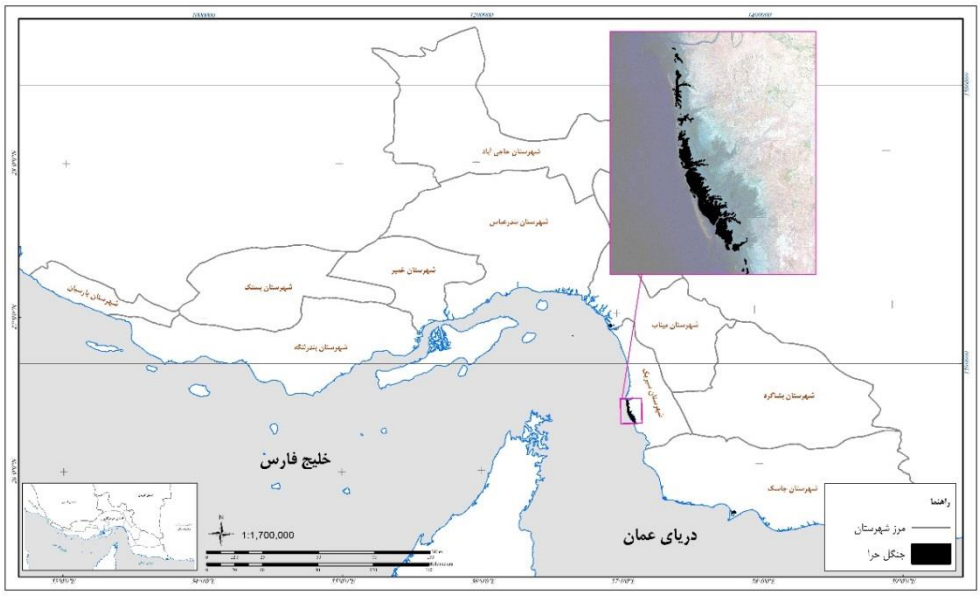
جنگل‌های مانگرو از بوم‌سازگان‌های با ظرفیت بالای تولید در روی زمین محسوب می‌شوند (۷) که طیف وسیعی از خدمات اکوسیستمی را برای جوامع ساحلی فراهم می‌کنند (٤٤). رشد سریع جمعیت در دهه‌های اخیر و ورود آلاینده‌های شهری و صنعتی به این بوم‌سازگان، منجر به آسیب‌پذیری و کاهش سطح آن‌ها شده است (۳۰). فلزات سنگین از آلاینده‌های مهم واردشده به جنگل‌های مانگرو از طریق فعالیت‌های انسانی هستند (۲۰). برخی از این فلزات مانند روی، مس، سرب و آهن در محیط‌زیست فراوان بوده و نقش مهمی در تعادل و پایداری فرایندها و عملکرد بوم‌سازگان‌ها دارند (۲۵)؛ اما تجمع بیش‌ازحد آن‌ها به دلیل سمیت، ماندگاری بالا، تجزیه‌ناپذیری و توان تجمع زیستی، سبب آلوده شدن زنجیره غذایی شده و به همین سبب اهمیت زیادی در مطالعه بوم‌سازگان‌های مختلف دارند (۲۵). با توجه به اثرات زیان‌بار فلزات سنگین در بوم‌سازگان‌های آبی، بررسی این عناصر در رسوب و اندام‌های رویشی درختان حرا در مطالعات مختلفی در سطح ایران و جهان مورد توجه قرارگرفته است. داوری و همکاران (۲۰۱۰)، عینی‌الهی پیر و همکاران (۲۰۱۳) و بی‌باک و همکاران (۲۰۱۸) بررسی‌هایی برای تعیین فلزات سنگین در رسوب و بافت گیاهی درختان حرا در خلیج‌فارس و دریای عمان انجام داده‌اند که نشان می‌دهد فلزات سنگین در رسوب و بافت درختان تجمع یافته و دلیل این آلودگی می‌تواند نتیجه فعالیت‌های حمل‌ونقل، پخش ترکیبات نفتی، فعالیت‌های صنعتی و ورود فاضلاب‌های شهری به آب دریاها و نفوذ آلودگی به این بوم‌سازگان باشد (۱۰، ١٤، ١٦). پرورش و همکاران (۲۰۱۱) غلظت فلزات سنگین نیکل، مس، کادمیوم، روی و سرب را در رسوبات و برگ درختان حرا در منطقه خور آذینی بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد روی و نیکل بیش‌ترین غلظت و کادمیوم و مس کم‌ترین غلظت را در رسوبات داشتند (٢٦). مطالعه عینی‌الهی پیر و همکاران (۲۰۱۳) بر روی جنگل‌های مانگروی جزیره قشم نشان داد میزان نیکل موجود در رسوب دارای حد بحرانی است (١٦). پژمان و همکاران (۲۰۱۷) در ارزیابی فلزات سنگین در رسوبات شمال‌غربی خلیج‌فارس، مقادیر بالای سرب، کادمیوم، مس و روی در رسوبات را گزارش کردند (۲۷). هم‌چنین مطالعات ابوحسن (۲۰۱۳)، الحجیبی و همکاران (۲۰۱۸)، صالح و همکاران (۲۰۱۸)، الجهادعلی و الحسن (۲۰۲۰) و مطالعات مشابه در منطقه خلیج‌فارس و اطراف آن، غلظت فلزات سنگین در رسوبات را در دامنه ١٤–٩٨ میکروگرم بر گرم برای مس، ٤٤–٣٠٦ میکروگرم بر گرم برای روی و ۸–۹۹ میکروگرم بر گرم برای نیکل نشان می‌دهد. درواقع این نتایج هشداری برای ضرورت مطالعه و کنترل آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های مانگرو است (۱، ٤، ۹، ۳۰، ٣٤، ٤٥). شناسایی میزان آلودگی و تخریب وارد آمده بر جنگل‌ها در اثر وقوع این پدیده یکی از ابزارهای موجود برای کاهش آثار نامطلوب آن و تدوین برنامه‌های سازمان‌یافته برای حفاظت از این بوم‌سازگان ارزشمند است. به همین دلیل ضروری است که از میزان و شدت تأثیر این آلاینده‌ها آگاهی داشته و به شکل مرتب پایش شوند.

خورآذینی بخشی از تالاب بین‌المللی دهانه رودهای گز و حرا بوده و به دلیل وجود رویشگاه جنگل‌های حرا و چندل زیستگاه ارزشمندی برای گونه‌های جانوری و گیاهی محسوب می‌شود. با توجه به اهمیت اکولوژیک این منطقه و منحصربه‌فرد بودن این تالاب به دلیل وجود تنها رویشگاه چندل در ایران، تعیین آلودگی‌های ناشی از فلزات سنگین در این بوم‌سازگان می‌تواند به‌عنوان یکی از اقدامات مهم در جهت مدیریت بهتر آن باشد. هم‌چنین این نکته قابل‌ذکر است که بیش‌تر مطالعات صورت گرفته در

زمینه بررسی آلودگی‌های فلزات سنگین مربوط به گونه حرا بوده و در مورد گونه چندل اطلاعات زیادی در دست نیست؛ بنابراین این پژوهش با هدف ایجاد اطلاعات پایه مربوط به آلودگی فلزات سنگین به‌منظور استفاده مسئولان امر حفاظت از محیط‌زیست و منابع طبیعی در مدیریت بهتر این جنگل‌ها و هم‌چنین ایجاد پایگاهی برای استفاده در پایش آلودگی‌های ناشی از آن در آینده، به بررسی و مقایسه فلزات سنگین در رسوب، ریشه و برگ درختان حرا و چندل در تالاب خورآذینی پرداخته است.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه: با توجه به این‌که جنگل‌های مانگرو موجود در ناحیه سیریک تنها اجتماعات موجود در کشور هستند که دو گونه درخت حرا و چندل به‌صورت آمیخته وجود دارد (۳۳)، به‌منظور بررسی و مقایسه غلظت فلزات سنگین در رسوب، ریشه و برگ درختان حرا (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.) و چندل (*Rhizophora mucronata* (Lam))، بخشی از جنگل‌های مانگروی تالاب آذینی واقع در شهرستان سیریک در استان هرمزگان انتخاب شد (شکل ۱). جنگل‌های موجود در این منطقه مساحتی حدود ۲۰۵۹ هکتار را به خود اختصاص داده (۱۳) و در محدوده‌ای با متوسط بارش سالانه حدود ۱٦۰ میلی‌متر و متوسط دمای حداکثر گرم‌ترین ماه سال در دامنه‌ای بین حدود ۳۵ تا ٤۱ درجه سانتی‌گراد قرار دارد (۲۹).



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه.

Figure 1. Study area.

روش بررسی: به‌منظور انجام مطالعه، پس از بازدید اولیه از جنگل یک توده شش هکتاری که مخلوطی از درختان حرا و چندل بود انتخاب و نمونه‌برداری با روش خط‌نمونه انجام گرفت. در توده انتخابی، سه خط‌نمونه به طول ۳۰۰ متر و با فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر در عرصه پیاده شد (دو خط‌نمونه در لبه

محدوده و یک خط در میانه توده انتخابی بود). روی هر یک از ترانسکت‌ها تعداد شش پلات با ابعاد ۲۰ در ۲۰ متر و به فاصله یکسان از یکدیگر مشخص شد. به‌منظور برداشت نمونه‌ها از تعداد ۱۸ پلات مشخص شده، تعداد ۱۰ پلات به‌صورت کاملاً تصادفی انتخاب شد. در داخل هر یک از پلات‌های تعیین‌شده تعداد ۵ تا ۱۰ درخت از هر یک از گونه‌های حرا و چندل با ارتفاع بیش از سه متر به‌صورت تصادفی انتخاب و نمونه‌برداری از رسوب، ریشه و برگ درختان در زمان جزر برداشت شد (۱، ۱٦). نمونه‌های رسوب سطحی (تا عمق ۱۰ سانتی‌متر) در اطراف ریشه دو گونه حرا و چندل توسط کاردک پلاستیکی برداشت و در کیسه‌های پلی‌اتیلن قرار گرفت (۱٦، ۳۵). در نمونه‌برداری از بافت ریشه، نمونه‌های برداشت‌شده در فاصله یک، دو و سه متری از درخت و از ریشه‌های مغذی گیاه انتخاب و از برداشت ریشه‌های هوایی اجتناب شد (۱٤، ۲۱). برای تهیه نمونه برگ، تعداد ۲۰ برگ با تکرار سه‌تایی از ۵ الی ۱۰ درخت با ارتفاع بیش از ۳ متر، کاملاً سالم بدون نشانه بیماری و آفت، برداشت شد (۲۱). نمونه‌های ریشه و برگ جمع‌آوری‌شده ابتدا در هوای آزاد و سپس در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲٤ ساعت به‌طور کامل خشک شدند (۱٦). رسوب برداشت‌شده نیز به‌طور کامل در هوای آزاد خشک شد. سپس نمونه‌های خشک‌شده توسط هاون چینی پودر و به‌منظور حذف مواد زائد و ذرات درشت‌تر از الک ٦۳ میکرون عبور داده شد. برای تهیه عصاره از نمونه‌ها، نیم گرم ماده خشک، وزن و ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ (٦۵٪) به آن اضافه شد. ابتدا به مدت ۱ ساعت در دمای آزمایشگاه و سپس به‌مدت ۳ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد روی هات‌پلیت هضم شد. نمونه‌ها پس از سرد شدن با استفاده از کاغذ صافی واتمن ٤۲ میکرون فیلتر و سپس با آب دو بار تقطیر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. نمونه‌ها تا زمان سنجش فلزات سنگین در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (۲۳). اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمیک (مدل ICE 3300 ساخت شرکت Thermo Scientific) انجام شد. برای تعیین وضعیت آلودگی رسوب با فلزات سنگین، استاندارد رسوبات دریایی چین، استاندارد آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا (۱۲، ٤۰) و غلظت استاندارد فلزات سنگین در رسوبات سطحی خلیج‌فارس (۱۸) مورد استفاده قرار گرفت.

بررسی ویژگی‌های رسوب‌شناختی: اسیدیته[1] (pH) و هدایت الکتریکی[2] (EC) رسوب، با تهیه گل اشباع و با استفاده از pH متر و EC متر اندازه‌گیری شد (۳۲). مقدار کربن آلی نیز با استفاده از روش اکسیداسیون تر والکی و بلک (۱۹۳٤) و بافت رسوب با استفاده از روش هیدرومتری بایکاس تعیین شد (۱۱).

تحلیل آماری داده‌ها: نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بررسی شد. برای مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در رسوب، ریشه و برگ بین دو گونه حرا و چندل از آنالیز تی-مستقل در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد. محاسبه آماری با نرم‌افزار SPSS[3] نسخه ۲٤ انجام شد.

تعیین تجمع فلزات سنگین[4] و فاکتور انتقال[5] در درختان مانگرو: فاکتور تجمع فلزات سنگین، توانایی یک گیاه برای جذب فلزات سنگین از خاک از طریق فرایند شناخته‌شده تجمع زیستی است (٦). برای تعیین تجمع زیستی در اندام‌های گیاهی درختان از

1- Potential hydrogen (pH)
2- Electrical conductivity (EC)
3- Statistical package for social science (SPSS)
4- Bio-concentration factor (BCF)
5- Translocation factor (TF)

رابطه ۱ استفاده شد (٦، ۲۰، ٤۱). فاکتور انتقال نیز برای هر گیاه از تقسیم غلظت فلز در اندام‌هایی مانند برگ، شاخه و گل به غلظت فلز در ریشه به دست می‌آید. فاکتور انتقال از ریشه به برگ نیز با استفاده از رابطه ۲ بررسی شد (۲۲).

$$BCF = \frac{C\ plant}{C\ sediment} \quad (۱)$$

که در آن، C_{plant} غلظت فلز سنگین در اندام گیاه و $C_{sediment}$ غلظت فلز سنگین در رسوب است. BCF>1 نشان‌دهنده انباشتگی فلز سنگین در گیاه است.

$$TF = \frac{C\ leaf}{C\ root} \quad (۲)$$

TF>1 نشان‌دهنده پتانسیل گیاه برای انتقال مؤثر فلز از ریشه به برگ است (۳۱).

نتایج و بحث

نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های رسوب برای دو گونه حرا و چندل نشان داد، مقدار کربن آلی، میزان درصد رس و سیلت و هم‌چنین مقدار EC از اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد برخوردار است اما تفاوت معنی‌داری در میزان درصد ماسه و pH مشاهده نشد (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه میانگین± (انحراف معیار) ویژگی‌های رسوب برداشت‌شده برای دو گونه حرا و چندل با استفاده از آزمون تی-مستقل.

Table 1. Comparison of means ± (Std) of sediment characteristics for *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata* using Independent Sample T-test.

(انحراف معیار) ± میانگین Mean±S.D	گونه Species	پارامتر مورد بررسی Parameters under investigation
0.88^{b} ± (0.33)	حرا *Avicennia marina*	کربن آلی رسوب (درصد) Organic Carbon in Sediment (%)
1.33^{a} ± (0.52)	چندل *Rhizophora mucronata*	
17.90^{a} ± (5.78)	حرا *Avicennia marina*	ماسه (درصد) Sand (%)
13.90^{a} ± (3.54)	چندل *hRizophora mucronata*	
14.20^{a} ± (3.82)	حرا *Avicennia marina*	رس (درصد) Clay (%)
10.50^{b} ±(1.43)	چندل *Rhizophora mucronata*	
67.90^{b} ± (8.36)	حرا *Avicennia marina*	سیلت (درصد) Silt (%)
75.60^{a} ± (3.06)	چندل *Rhizophora mucronata*	
7.88^{a} ± (0.10)	حرا *Avicennia marina*	اسیدیته pH
7.77^{a} ± (0.17)	چندل *Rhizophora mucronata*	
27.29^{b} ± (7.27)	حرا *Avicennia marina*	هدایت الکتریکی EC
34.06^{a} ± (5.05)	چندل *Rhizophora mucronata*	

نتایج مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در رسوب و اندام‌های دو گونه درخت حرا و چندل نیز نشان داد، تفاوت معنی‌داری در غلظت فلز نیکل و روی در رسوب، ریشه و برگ دو گونه مورد مطالعه وجود ندارد اما غلظت فلز مس در رسوب، ریشه و برگ دو گونه حرا و چندل از تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد برخوردار است (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین±(انحراف معیار) فلزات سنگین در رسوب، ریشه و برگ درختان حرا و چندل با استفاده از آزمون تی-مستقل.

Table 2. Comparison of means ± (Std) of heavy metals in sediment, roots and leaves for *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata* using Independent Sample T-test.

فلزات مورد بررسی Metal under investigation		گونه Species	(انحراف معیار)± میانگین Mean±S.D	معنی‌داری (Sig.)	BCF ریشه BCF in root	BCF برگ BCF in Leave	ضریب انتقال Translocation Factor
نیکل (Ni)	رسوب Sediment	حرا *Avicennia marina*	125.47 ± (10.01)	0.598 ns			
		چندل *Rhizophora mucronata*	123.10 ± (9.76)				
	ریشه Root	حرا *Avicennia marina*	34.42 ± (15.44)	0.552 ns	0.27		
		چندل *Rhizophora mucronata*	38.89 ± (17.47)		0.32		
	برگ Leaf	حرا *Avicennia marina*	1.22 ± (0.41)	0.151 ns		0.00	0.00
		چندل *Rhizophora mucronata*	1.01 ± (0.09)			0.00	0.00
روی (Zn)	رسوب Sediment	حرا *Avicennia marina*	70.73 ± (6.86)	0.132 ns			
		چندل *Rhizophora mucronata*	75.91 ± (7.76)				
	ریشه Root	حرا *Avicennia marina*	41.87 ± (3.63)	0.065 ns	0.59		
		چندل *Rhizophora mucronata*	45.99 ± (5.56)		0.60		
	برگ Leaf	حرا *Avicennia marina*	40.12 ± (2.84)	0.447 ns		0.57	0.95
		چندل *Rhizophora mucronata*	41.00 ± (2.17)			0.54	0.89

ادامه جدول ۲-

Continue Table 2.

فلزات مورد بررسی Metal under investigation		گونه Species	میانگین ± (انحراف معیار) Mean±S.D	معنی‌داری (Sig.)	BCF ریشه BCF in root	BCF برگ BCF in Leave	ضریب انتقال Translocation Factor
مس (Cu)	رسوب Sediment	حرا *Avicennia marina*	66.60 ± (11.98)	0.00**			
		چندل *Rhizophora mucronata*	39.91 ± (2.71)				
	ریشه Root	حرا *Avicennia marina*	70.99 ± (12.75)	0.00**	1.06		
		چندل *Rhizophora mucronata*	33.70 ± (5.72)		0.84		
	برگ Leaf	حرا *Avicennia marina*	72.51 ± (21.74)	0.00**		1.08	1.02
		چندل *Rhizophora mucronata*	20.85 ± (5.21)			0.52	0.62

**معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد، *معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ns عدم معنی‌داری

مقایسه میزان غلظت سه فلز روی، مس و نیکل در رسوب برداشت‌شده از رسوب دو گونه حرا و چندل با استانداردهای جهانی و ملی نشان داد اگرچه غلظت فلز روی در مقایسه با استانداردهای اولیه و ثانویه چین و سازمان محیط‌زیست آمریکا (۱۲، ٤۰) کم‌تر بود اما مقایسه غلظت آن با استاندارد رسوبات خلیج‌فارس (۱۸) مقدار بالاتری را نشان داد. هم‌چنین غلظت فلز مس در رسوبات هر دو گونه مورد بررسی در مقایسه با استانداردهای چین و سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (۱۲، ٤۰) در وضعیت بالاتری قرار دارد و در مقایسه با استاندارد تعیین‌شده توسط کرباسی (۲۰۰۱) برای رسوبات منطقه خلیج‌فارس نشان می‌دهد غلظت فلز مس برای گونه حرا بسیار بالاتر از استاندارد و برای گونه چندل کمی بالاتر از حد استاندارد قرار دارد. بررسی غلظت فلز نیکل نیز نشان داد، شرایط آلودگی آن از استانداردهای اولیه و ثانویه چین و سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (۱۲، ٤۰) و هم‌چنین استاندارد تعیین‌شده برای خلیج‌فارس (۱۸) در رسوب هر دو گونه مورد بررسی بسیار بالاتر از حد استاندارد تعیین‌شده قرار دارد. وضعیت آلودگی فلزات سنگین روی، مس و نیکل در رسوب دو گونه حرا و چندل در مقایسه با استانداردهای جهانی و ملی در جدول ۳ مشخص شده است.

جدول ۳- وضعیت فلزات سنگین روی، مس و نیکل در رسوبات دو گونه مورد بررسی بر اساس استانداردهای جهانی و ملی (غلظت بر اساس میکروگرم بر گرم).

Table 3. Status of Zn, Cu and Ni in the Sediments of two mangrove species based on the National and International Standards (concentration based on µg/g).

Ni	Cu	Zn	
-	35	150	استاندارد اولیه چین (۱۲) Primary Standard of China (12)
-	100	350	استاندارد ثانویه چین (۱۲) Secondary Standard of China (12)
15.9	18.7	124	استاندارد اولیه سازمان محیط‌زیست آمریکا (٤٠) Primary Standard of the US Environmental Protection Agency (40)
42.8	108	271	استاندارد ثانویه سازمان محیط‌زیست آمریکا (٤٠) Secondary Standard of the US Environmental Protection Agency (40)
86	33	69	کرباسی (۲۰) Karbasi, (20)
125.47	66.60	70.73	نتایج مربوط به گونه حرا Results for *Avicennia marina*
بحرانی Critical	بحرانی Critical	هشدار warning	وضعیت بر اساس کرباسی، ۲۰۰۱ Status based on Karbasi, 2001
123.10	39.91	75.91	نتایج مربوط به گونه چندل Results for *Rizophora mucronata*
بحرانی Critical	بحرانی Critical	هشدار warning	وضعیت بر اساس کرباسی، ۲۰۰۱ Status based on Karbasi, 2001

* در این مطالعه برای مقایسه غلظت فلزات سنگین در مناطق مورد بررسی با نتایج کرباسی (۲۰۰۱)، درصورتی‌که مقدار اندازه‌گیری شده کم‌تر از مقدار تعیین‌شده کرباسی (۲۰۰۱) بود شرایط احتیاط، در صورت مساوی بودن (تقریباً مساوی) شرایط هشدار و در صورت بیش‌تر بودن شرایط بحرانی در نظر گرفته شد.

بر اساس نتایج مطالعه حاضر، مقدار غلظت فلز مس در رسوب و اندام‌های درختان حرا بیش‌تر از مقدار آن در رسوب و اندام‌های درختان چندل است که با نتایج مُلایی و همکاران (۲۰۱٤) و کوتبتیم و همکاران (۲۰۱٦) مطابقت داشت (۱۷ و ۲٤). یکی از مؤلفه‌های مهم در فرایند جذب فلزات سنگین در رسوب، اندازه ذرات تشکیل‌دهنده رسوب است (٤٦، ۳ و ٤٠). نتایج وانگ و همکاران (۲۰۱٦) ارتباط مثبتی بین غلظت فلز سنگین مس با میزان رس و سیلت و ارتباط منفی با ذرات شن موجود در رسوب و تمایل این فلز به تجمع در ذرات ریزتر را نشان داد (٤۲). نتایج شی و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان داد مناطقی که دارای ذرات ریزتر هستند دارای فلزات سنگین بیش‌تر و مناطقی که دارای ذرات درشت‌تر بودند فلزات سنگین غلظت کم‌تری دارد (۳۸). به‌این‌ترتیب، با توجه به نتایج بررسی ذرات تشکیل‌دهنده رسوب

در دو گونه حرا و چندل شاید بتوان بیش‌تر بودن میزان فلز مس در رسوب درختان حرا نسبت به درختان چندل را به بیش‌تر بودن میزان رس در رسوب درختان حرا نسبت داد. از طرفی سارنگی و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند درختان متعلق به Rhizophoraceae به دلیل مکانیسم‌های موجود برای حذف نمک غلظت کم‌تری از فلزات را نشان می‌دهند، زیرا مکانیسم‌های کنترل نمک در داخل گیاه بر محتوای فلزی گیاهان حرا تأثیر گذاشته و باعث ایجاد اختلاف در بین گونه‌ها می‌شود (۳۵).

نتایج هم‌چنین نشان داد، انتشار فلز نیکل و روی در رسوب، ریشه و برگ هر دو گونه حرا و چندل یکنواخت بوده و مقدار غلظت آن در رسوب بیش‌تر از ریشه و در ریشه بیش‌تر از برگ است که با نتایج اوبونگ و اوبونو (۲۰۱۸)، دودانی و همکاران (۲۰۱۷)، عینی‌الهی پیر و همکاران (۲۰۱۳) و داوری و همکاران (۲۰۱۰) مشابهت داشت (١٤، ١٥، ١٦، ٣٩). هم‌چنین انتشار فلز مس در رسوب، ریشه و برگ درختان چندل یکنواخت بوده درحالی‌که میزان انتشار این فلز در درختان حرا در برگ بیش‌تر از ریشه و در ریشه بیش‌تر از رسوب است. بر اساس نتایج، فلز مس در ریشه و برگ درختان حرا تجمع یافته و ضریب انتقال این فلز نیز نشان از پتانسیل گیاه برای انتقال مؤثر این فلز از ریشه به برگ دارد که با مطالعات عینی‌الهی پیر و همکاران (۲۰۱۳) و ابوسیدو و همکاران (۲۰۱۷) مشابهت دارد (۲، ١٦).

بررسی عامل تجمع فلزات سنگین نیز نشان داد برای هر دو فلز روی و مس، ریشه و برگ هر دو گونه حرا و چندل قادر به جذب آن از رسوب بوده و درنتیجه می‌توانند شاخص زیستی مناسبی برای این دو فلز باشند. در مورد فلز نیکل نیز بر اساس میزان عامل تجمع فلزات سنگین به‌دست‌آمده، هیچ‌یک از دو بافت ریشه و برگ نمی‌توانند به‌عنوان شاخص زیستی مورد استفاده قرار بگیرند. مک‌فارلن و همکاران (۲۰۰۷) میزان عامل تجمع فلزات سنگین (نسبت فلز ریشه به رسوب) را برای فلز روی در گیاه مانگرو کم‌تر- مساوی یک به دست آوردند. آن‌ها بافت ریشه را شاخص زیستی مناسبی برای این فلزات دانستند. نتایج این مطالعه نیز نشان داد میزان عامل تجمع فلزات سنگین به‌دست‌آمده برای فلز روی در هر دو گونه حرا و چندل عددی کم‌تر از یک است و با نتیجه مک‌فارلن و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد (۲۰). مقدار تجمع فلزات سنگین به‌دست‌آمده برای فلز مس در گونه حرا عددی بالاتر از یک است که نشان‌دهنده تجمع این فلز در اندام‌های درختان حرا است. با توجه به نتایج شریفان و داوری (۲۰۱۰)، با بررسی غلظت فلز مس در درختان حرا در جزیره قشم میزان انتقال فلز مس از ریشه به برگ را ۰/۸۹ به دست آورند و دلیل افزایش انتقال را ناشی از ضروری بودن فلز مس دانستند (۳٦). وُزنی و کرزسلوسکا (۱۹۹۳) نیز نشان دادند که ضروری بودن و غیرضروری بودن فلز برای گیاه منجر به تجمع میزان متفاوتی از آن در فرایند متابولیک خواهد شد (٤٥). با توجه به این‌که فلزهای مس و روی از عناصر غذایی کم‌مصرف ضروری در واکنش‌های کلروپلاست، سیستم‌های آنزیمی، سنتز پروتئین، هورمون‌های رشد و متابولیسم کربوهیدرات هستند (۳۷، ٤٥) بنابراین تحرک بیش‌تر این دو فلز از رسوب به اندام‌های گیاهی و تجمع بیش‌تر در آن‌ها را می‌توان به نقش اساسی آن در عملکرد گیاهان نسبت داد (۸، ۹، ١٦، ٢١). از طرفی غلظت کم‌تر فلز نیکل در اندام‌های گیاهی احتمالاً ناشی از غیرضروری بودن این فلز برای گیاه است. درواقع الگوی متفاوت تجمع این فلزات در رسوب و بافت‌های درختان حرا می‌تواند ناشی از نقش‌های متفاوت فلزات برای گیاه باشد. بررسی فاکتور انتقال نیز نشان داد درختان حرا پتانسیل بالایی برای انتقال فلز مس از ریشه به برگ را دارا هستند.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد میزان غلظت فلزات نیکل و مس در رسوب هر دو گونه حرا و چندل در مقایسه با استاندارد تعیین‌شده برای خلیج‌فارس در شرایط بحرانی و برای فلز روی نیز در شرایط هشدار قرار دارد. این مسأله نشان از آلوده بودن منطقه به فلزات سنگین دارد و سازمان‌های مرتبط با امر حفاظت باید با پژوهش‌های بیش‌تر در منطقه و برنامه‌ریزی صحیح جهت کاهش منابع آلودگی، شرایط بهبود این رویشگاه را فراهم نمایند. نتایج هم‌چنین نشان داد اگرچه تفاوت معنی‌داری در میانگین غلظت دو فلز روی و نیکل در رسوب و اندام‌های گیاهی دو گونه حرا و چندل وجود ندارد ولی میانگین غلظت فلز مس در هر سه پارامتر رسوب، ریشه و برگ دو گونه مورد بررسی دارای تفاوت معنی‌داری است و در گونه حرا بسیار بیش‌تر از گونه چندل است. بیش‌تر بودن فلز مس در اندام‌های هر دو گونه احتمالاً به دلیل ضروری بودن فلز مس برای مصارف مربوط به واکنش‌های متابولیکی دو گونه است. از طرفی این مسأله نیز قابل‌توجه است که دو گونه مورد بررسی مکانیسم‌های مختلفی برای سازگاری به محیط دارند و گاهی این مکانیسم‌های مختلف می‌تواند در میزان محتوای فلزی اندام‌های گیاهی نقش داشته باشد. همان‌گونه که قبلاً اشاره شد به دلیل مکانیسم‌های موجود برای حذف نمک در درختان متعلق به Rhizophoraceae غلظت کم‌تری از فلزات وجود دارد. با توجه به این‌که مطالعات زیادی در این زمینه در جنگل‌های حرای ایران انجام نشده یکی از پیشنهاداتی که برای مطالعات آینده می‌توان مطرح کرد، بررسی مکانیسم‌هایی است که می‌تواند نشان‌دهنده سازگاری بیش‌تر گیاه با محیط بوده و سپس شرایطی برای تقویت این سازگاری به‌منظور مدیریت پایدارتر جنگل فراهم کرد. هم‌چنین با توجه به این‌که ریشه و برگ هر دو گونه حرا و چندل شاخص زیستی مناسبی برای فلز روی و مس می‌باشد، می‌توان پیشنهاد کرد به‌منظور کاهش هزینه‌های مربوط به برداشت و اندازه‌گیری غلظت دو فلز مذکور در رسوب، ریشه و برگ درختان، از یکی از این دو اندام برای بررسی این دو فلز و پایش آن در طولانی‌مدت استفاده نمود. به‌این‌ترتیب با وجود داده‌های مربوط به چند سال پیاپی می‌توان بر ورود و خروج مواد حاوی فلزات سنگین از منابع موجود در اطراف جنگل‌های مانگرو مدیریت بهتری داشت و ارزیابی اثرات ناشی از فعالیت‌های آلوده‌ساز مربوط به اسکله موجود در این تالاب و تردد شناورها در آن با نظارت و آگاهی بیش‌تری انجام شده و زمینه را برای مدیریت بهتر فراهم کرد. در این راستا و با توجه به وجود آلودگی در منطقه و تهدید درختان باارزش حرا و چندل در تالاب خور آذینی، توصیه می‌شود منابع احتمالی آلودگی توسط سازمان‌های مرتبط و هم‌چنین همکاری افراد بومی با حساسیت بیش‌تری شناسایی و بررسی شده و با ایجاد راهکارهای مدیریتی و برنامه‌ریزی صحیح، این تهدید را به حداقل برسانند تا این بوم‌سازگان قادر به ترمیم و بازسازی مجدد خود باشد.

منابع

1. Abohassan, R.A. 2013. Heavy metal pollution in *Avicennia marina* mangrove systems on the Red Sea coast of Saudi Arabia. J. of King Abdulaziz University: Metrology, Environment and Arid Land Agricultural Sciences. 142: 579. 1-38.
2. Abou Seedo, K., Abido, M.S., Salih, A.A., and Abahussain, A. 2017. Assessing heavy metals accumulation in the leaves and sediments of urban mangroves (*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.) in Bahrain. International J. of Ecology. 2017: 1-8.
3. Abrahim, G.M.S., Parker, R.J., and Nichol, S.L. 2007. Distribution and assessment of sediment toxicity in Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. Environmental Geology. 52: 7. 1315-1323.
4. Al Hagibi, H.A., Al-Selwi, K.M., Nagi, H.M., and Al-Shwafi, N.A. 2018. Study of heavy metals contamination in Mangrove sediments of the Red Sea Coast of Yemen from Al-Salif to Bab-el-Mandeb strait. J. of Ecology and Natural Resources. 2: 1. 1-18.
5. Aljahdali, M.O., and Alhassan, A.B. 2020. Ecological risk assessment of heavy metal contamination in mangrove habitats, using biochemical markers and pollution indices: A case study of *Avicennia marina* L. in the Rabigh lagoon, Red Sea. Saudy J. of Biological Sciences. 27: 4. 1174-1184.
6. Almahasheer, H. 2019. High levels of heavy metals in Western Arabian Gulf mangrove soils. Molecular Biology Reports. 46: 2. 1585-1592.
7. Alongi, D.M. 2018. Impact of global change on nutrient dynamics in mangrove forests. Forests. 9: 10. 1-13.
8. Baker, A.J. 1981. Accumulators and excluders: strategies in the response of plants to heavy metals. J. of Plant Nutrition. 3: 1-4. 643-654.
9. Baker, A.J., and Walker, P.I. 1990. Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants. In: Shaw, A.J. (Ed.). Heavy metal tolerance in plants: evolutionary aspects. CRC Press, Florida. pp. 155-178.
10. Bibak, M., Sattari, M., Agharokh, A., Tahmasebi, S., and Imanpour Namin, J. 2018. Assessing some heavy metals pollutions in sediments of the northern Persian Gulf (Bushehr province). Environmental Health Engineering and Management. 5: 3. 175-179.
11. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. Agronomy J. 54: 5. 464-465.
12. CSBTS (China state bureau of quality and technical supervision). 2002. The people's republic of China national standards. 10p.
13. Danehkar, A., Mahmoudi, B., Saeed Sabaee, M., Ghadirian, T., Asadollahi, Z., Sharifi, N., and Petrosian, H. 2012. National documentation of sustainable management program of Iran's Mangrove forests. Forests range and watershed management organization. Dry land forestry center administration. Consulting engineers of sustainability of nature and resources. 624p. (In Persian)
14. Davari, A., Danehkar, A., Khorasani, N., and Poorbagher, H. 2010. Heavy metal contamination of sediments in mangrove forests of the Persian Gulf. J. of Food, Agriculture and Environment. 8: 3/4 part 2. 1280-1284.
15. Dudani, S.N., Lakhmapurkar, J., Gavali, D., and Patel, T. 2017. Heavy metal accumulation in the mangrove ecosystem of south Gujarat coast, India. Turkish J. of Fisheries and Aquatic Sciences. 17: 4. 755-766.
16. Einollahipeer, F., Khammar, S., and Sabaghzadeh, A. 2013. A study on heavy metal concentration in sediment and mangrove (*Avicenia marina*) tissues in Qeshm Island, Persian Gulf. J. of Novel Applied Sciences. 2: 10. 498-504.
17. Kaewtubtim, P., Meeinkuirt, W., Seepom, S., and Pichtel, J. 2016. Heavy metal phytoremediation potential of plant species in a mangrove ecosystem in Pattani Bay, Thailand. Applied Ecology and Environmental Research. 14: 1. 367-382.

18. Karbasi, A.R. 2001. Standard concentration and origin of Fe, V, Cd, Co, Cu, Zn, Ni, Mn and Pb in surface sediments of the Persian Gulf. Environmental Science and Technology. 5-6: 53-65. (In Persian)
19. MacFarlane, G.R., and Burchett, M.D. 2002. Toxicity, growth and accumulation relationships of copper, lead and zinc in the grey mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. Marine Environmental Research. 54: 1. 65-84.
20. MacFarlane, G.R., Koller, C.E., and Blomberg, S.P. 2007. Accumulation and partitioning of heavy metals in mangroves: a synthesis of field-based studies. Chemosphere. 69: 9. 1454-1464.
21. MacFarlane, G.R., Pulkownik, A., and Burchett, M.D. 2003. Accumulation and distribution of heavy metals in the grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.: biological indication potential. Environmental Pollution. 123: 1. 139-151.
22. Machado, W., Silva-Filho, E.V., Oliveira, R.R., and Lacerda, L.D. 2002. Trace metal retention in mangrove ecosystems in Guanabara Bay, SE Brazil. Marine Pollution Bulletin. 44: 11. 1277-1280.
23. Moopam, R. 2010. Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. ROPME. Kuwait. 586p.
24. Mullai, P., Yogeswari, M.K., Saravanakumar, K., and Kathiresan, K. 2014. Phytoremediation of heavy metals using *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata* in the Uppanar River. International J. of Chem Tech Research. 6: 12. 4984-4990.
25. Nkwunonwo, U.C., Odika, P.O., and Onyia, N.I. 2020. A review of the health implications of heavy metals in food chain in Nigeria. The Scientific World J. 2020: 1-11.
26. Parvaresh, H., Abedi, Z., Farshchi, P., Karami, M., Khorasani, N., and Karbassi, A. 2011. Bioavailability and concentration of heavy metals in the sediments and leaves of grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh, in Sirik Azini creek, Iran. Biological Trace Element Research. 143: 2. 1121-1130.
27. Pejman, A., Bidhendi, G.N., Ardestani, M., Saeedi, M., and Baghvand, A. 2017. Fractionation of heavy metals in sediments and assessment of their availability risk: A case study in the northwestern of Persian Gulf. Marine Pollution Bulletin. 114: 2. 881-887.
28. Peters, E.C., Gassman, N.J., Firman, J.C., Richmond, R.H., and Power, E.A. 1997. Ecotoxicology of tropical marine ecosystems. Environmental Toxicology and Chemistry. 16: 1. 12-40.
29. Petrosians, H., Danehkar, A,, Ashrafi, S., and Feghhi, J. 2013. Study of effective climatology indices on attending *Avicennia marina* forest in coastline of Hormozgan province. Wetland Ecobiology. 5: 3. 5-16. (In Persian)
30. Rahman, M.S., Hossain, M.B., Babu, S.O.F., Rahman, M., Ahmed, A.S., Jolly, Y., and Akter, S. 2019. Source of metal contamination in sediment, their ecological risk, and phytoremediation ability of the studied mangrove plants in ship breaking area, Bangladesh. Marine Pollution Bulletin. 141: 137-146.
31. Rezvani, M., and Zaefarian, F. 2011. Bioaccumulation and translocation factors of cadmium and lead in 'Aeluropus littoralis'. Australian J. of Agricultural Engineering. 2: 4. 114-119.
32. Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Government Printing Office. Washington. 154p.
33. Safiari, S. 2017. Mangrove forests in Iran. J. of Iran's Nature. 2: 2. 49-57. (In Persian)
34. Saleh, S.M.K., Amer, A.T., Shdeewah, F., bin Yahya, A.R., and Al-Shwafi, N. 2018. Spatial distribution, seasonal (summer and winter seasons), and pollution assessment of heavy metals in surface sediments from Aden coasts, Gulf of Aden, Yemen. J. of Scientific and Engineering Research. 5: 11. 314-332.
35. Sarangi, R.K., Kathiresan, K., and Subramanian, A.N. 2002. Metal concentrations in five mangrove species

of the Bhitarkanika, Orissa, east coast of India. Indian J. of Marine Sciences. 31: 3. 251-253.

36. Sharifan, H.R., and Davari, A. 2010. Bioaccumulation and distribution of heavy metals in gray mangrove (*Avicennia marina*): case study of the tropical areas of Persian Gulf. P 14-16. In: World Food System: A contribution from Europe. Tropentag. Zurich.
37. Shaw, A.J. 1990. Heavy metal tolerance in plants: evolutionary aspects. CRC Press. Florida. 268p.
38. Shi, C., Ding, H., Zan, Q., and Li, R. 2019. Spatial variation and ecological risk assessment of heavy metals in mangrove sediments across China. Marine Pollution Bulletin. 143: 115-124.
39. Ubong, I.U., and Obunwo, C. 2018. Heavy metal contents in mangrove leaf, root and sediment from Eagle Island, port Harcourt. J. of Development and Sustainability. 7: 6. 1759-1772.
40. USEPA-Region, I.I. 1999. USACE-New York district, USDOE-BNL. Fast track dredged material decontamination demonstration for the port of New York and New Jersey. In: Report to congress on the water resources and development acts of 1990 (Section 412), 1992 (Section 405C) and 1996 (Section 226). EPA 000-0-99000. 65p.
41. Usman, A.R., Alkredaa, R.S., and Al-Wabel, M. 2013. Heavy metal contamination in sediments and mangroves from the coast of Red Sea: *Avicennia marina* as potential metal bioaccumulator. Ecotoxicology and Environmental Safety. 97: 263-270.
42. Wang, J., Du, H., Xu, Y., Chen, K., Liang, J., Ke, H., Cheng, S., Liu, M., Deng, H., He, T., Wang, W., and Cai, M. 2016. Environmental and ecological risk assessment of trace metal contamination in mangrove Ecosystems: A case from Zhangjiangkou mangrove national nature reserve, China. BioMed Research International. 2016: 1-14.
43. Woolhouse, H.M., and Walker, S. 1981. The physiological basis of copper toxicity and copper tolerance in higher plants. Copper in soils and plants. Academic Press. New York. 235p.
44. Worthington, T.A., Andradi-Brown, D.A., Bhargava, R., Buelow, C., Bunting, P., Duncan, C., and Lagomasino, D. 2020. Harnessing big data to support the conservation and rehabilitation of mangrove forests globally. One Earth. 2: 5. 429-443.
45. Wozny, A., and Krzeslowska, M. 1993. Plant cell response to Lead. Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 62: 1-2. 101-105.