اثر ویژگی‌های رسوب بر تجمع و نرخ انتقال فلزات سنگین در درختان مانگرو (مطالعه موردی: خلیج نایبند و جزیره قشم)

حسین مرادی[۱*]، زهرا رضوی[۱]، عباس حیدری خسرو[۱] و نصرا... محبوبی صوفیانی[۲]

(تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۲۷)

چکیده

در این مطالعه تجمع فلزات نیکل (Ni) و وانادیوم (V) در رسوبات، ریشه و برگ رویشگاه‌های مانگرو (*Avicennia marina*) و میزان انتقال آنها از رسوب به ریشه و برگ در خلیج نایبند و جزیره قشم موردبررسی قرارگرفت. نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی سیستماتیک با استفاده از ترانسکت‌های انتخابی در ۱۶ ایستگاه در منتهی‌الیه سمت خشکی و دریا در دو رویشگاه با سه تکرار از رسوب، ریشه و برگ درختان مانگرو انجام شد. خصوصیات بستر از قبیل بافت رسوب، EC، pH و مواد آلی تعیین گردید. میزان نیکل و وانادیوم با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد و ضریب انتقال فلزات از رسوب به ریشه و از ریشه به برگ محاسبه گردید. هم‌چنین هم‌بستگی ضرایب انتقال فلزات با ویژگی های رسوب توسط نرم افزار SPSS (ورژن ۱۹) بررسی گردید. در نمونه‌های رسوب، ریشه و برگ به‌ترتیب بالاترین غلظت نیکل و وانادیوم اندازه گیری شد. در فرایند انتقال فلزات نیکل و وانادیوم در دو رویشگاه قشم و نایبند، بیشترین میزان انتقال از رسوب به ریشه مربوط به فلز وانادیوم و از ریشه به برگ مربوط به فلز نیکل بود. علاوه بر این، بالاترین ضریب انتقال از رسوب به ریشه برای فلز وانادیوم در رویشگاه قشم (۰/۵۰۲) و بیشترین ضریب انتقال از ریشه به برگ برای فلز نیکل در رویشگاه نایبند (۰/۷۴۹) به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد مهم‌ترین عامل در تفاوت انتقال فلز نیکل و وانادیوم، اختلاف در نوع بافت رسوبات در دو رویشگاه و سطح فعالیت‌های نفت و گاز در خلیج نایبند باشد. به‌طورکلی، بافت ریزدانه رویشگاه حرا در جزیره قشم عمدتاً موجب افزایش انتقال وانادیوم از رسوب به ریشه و بافت درشت دانه رویشگاه خلیج نایبند به همراه افزایش آلودگی هوای منطقه، عمدتاً منجر به افزایش تجمع نیکل در برگ گردیده است.

واژه‌های کلیدی: درختان مانگرو (*Avicennia marina*)، نیکل، وانادیوم، رسوب، خلیج فارس

۱. گروه محیط زیست، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲. گروه شیلات، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hossein.moradi@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.7.7]

مقدمه

یکی از مشکلاتی که امروزه حیات اکوسیستم‌های مانگرو را به خطر می‌اندازد تجمع فلزات سنگین در رویشگاه‌های آنها است(9). با توجه به اینکه گیاهان به مواد شیمیایی و به خصوص نسبت به افزایش غلظت فلزات سنگین در محیط واکنش‌ها و حساسیت‌های مختلفی نشان می‌دهند، برخی از آنها از محیط، ناپدید می‌شوند، برخی تحمل خود را به فلزات افزایش می‌دهند و برخی نیز ظرفیت بالایی در تجمع مقادیر زیادی از این فلزات در بافت‌های خود دارند (گیاهان ابرانباشتگر)(*Hyper accumulators*)، لذا مطالعه آنها ضروری می‌باشد(32). مانگروها نیز به‌دلیل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی قادرند حجم زیادی از فلزات موجود در پساب محیط پیرامونی خود را انباشته کنند (16). در بستر رویشگاه‌های مانگرو، آلاینده‌ها از طریق انواع رواناب ها و پساب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی به آب‌های مجاور و از جمله آب زیرزمینی منتقل می‌گردد و در نتیجه به‌راحتی در اختیار درختان مانگرو قرار می‌گیرند. از سوی دیگر، ته نشست‌های اتمسفری ناشی از سوخت‌های فسیلی، کارخانجات و صنایع پیرامونی به افزایش انتقال و جذب آلاینده‌ها از طریق جنگل‌های مانگرو کمک می‌کند(9). یکی از منابع اصلی ورود فلزات سنگین به درختان مانگرو در مناطق آلوده به نفت رخ می‌دهد. از مهم‌ترین فلزات سنگین موجود در ترکیبات نفتی، نیکل و وانادیوم است. علاوه بر این یکی از منابع اصلی ته‌نشست‌های اتمسفری نیکل و وانادیوم ناشی از سوزاندن ترکیبات نفتی در کارخانجات صنعتی است. غلظت نیکل در نفت خام در محدوده بیش از 300- 100 میلی‌گرم درلیتر و وانادیوم، بیش از 1500 میلی‌گرم در لیتر است (11و33). اگرچه غلظت‌های بسیار کم وانادیوم و نیکل برای رشد گیاهان مفید است اما غلظت‌های بالای آنها سمی است (11و14). خلیج فارس از با ارزش‌ترین زیست بوم‌های آبی جهان است که دارای منابع ارزشمندی از جنگل‌های عظیم مانگرو است اما این اکوسیستم‌ها در سال‌های اخیر یکی از آسیب‌پذیرترین و شکننده‌ترین مناطق خلیج‌فارس نسبت به انواع استرس‌های محیطی به‌خصوص آلودگی نفتی و انتشار فلزات سنگین حاصل از آن تبدیل شده است که نگرانی‌های عمده‌ای را در تداوم کارکرد این اکوسیستم‌ها به‌دنبال داشته است(6).

مطالعات گسترده‌ای بر روی تعیین غلظت و توزیع فلزات سنگین از جمله نیکل و وانادیوم در رویشگاه‌های مانگرو صورت گرفته است. برخی از مطالعات شامل مطالعه رمای و مچیوا (2002) به‌منظور تعیین غلظت برخی فلزات سنگین هم‌چون نیکل، وانادیوم و بررسی منشأ انتشار آنها در نمونه‌های رسوب، ریشه و برگ اکوسیستم‌های مانگرو در منطقه دارالسلام تانزانیا(25)، مطالعه هی و همکاران (2014) بر روی 5گونه حرا در جنگل‌های مانگرو فوتیان(Futian) در چین(18)، مطالعه دفیو و همکاران (2005) در رسوبات رویشگاه مانگرو در خلیج پونتا مالا (Punta Mala)در شهر پاناما‌ی آمریکای مرکزی(16) و مطالعه نیتسان و همکاران (2014) در رسوبات رویشگاه مانگرو ماتیوپت(Muthupet)در هند می باشد(26). از جمله مطالعات داخلی در زمینه تعیین غلظت فلزات سنگین در رویشگاه‌های مانگرو شامل مطالعه چراغی و همکاران (1392) بر روی اندازه‌گیری برخی فلزات از جمله نیکل، کادمیوم، سرب و غیره در نمونه‌های رسوب، ریشه و برگ درختان حرا در منطقه بندر امام خمینی(1)، مطالعه داوری و همکاران (1389) بر روی شناسایی آلودگی برخی فلزات سنگین هم‌چون نیکل، وانادیوم، مس، کادمیوم و غیره در رسوب، ریشه و برگ جنگل‌های مانگرو استان بوشهر(4)، مطالعه زارع مایوان (2010) بر روی توزیع فلزات سنگین نیکل و وانادیوم به‌عنوان شاخص آلودگی نفتی در خلیج‌فارس (منطقه خلیج نایبند و بوشهر)(34)، مطالعه کشاورز و همکاران(2012) بر روی اندازه گیری سه عنصر وانادیوم، سرب، کادمیوم و در نمونه‌های رسوب، ریشه و برگ درختان حرا در منطقه سیریک در سواحل عمان(20) و مطالعه حمزه و همکاران(1390) بر روی ژئوشیمی زیست محیطی برخی فلزات سنگین شامل نیکل، آهن، منیزیم، منگنز، سرب و غیره در سوبات ساحلی خلیج گواتر منتهی‌الیه جنوب شرقی ایران در زیستگاه جنگل حرا می‌باشد(2). جنگل‌های مانگرو در

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.7.7]

رویشگاه خلیج نایبند و جزیره قشم از جمله اکوسیستم‌های شاخص حرا به‌شمار می‌روند که به‌شدت در معرض تهدید هستند(6).

جنگل‌های مانگرو در خلیج نایبند در مجاورت فعالیت‌های صنعتی و پالایشگاهی در منطقه عسلویه در استان بوشهر واقع شده‌اند و تخلیه پساب حاصل از فعالیت‌های نفت و گاز در محیط‌های آبی در کنار آلودگی هوای حاصل از این صنایع بر این زیستگاه‌ها اثرات نامطلوبی دارد(4 و5). هدف از انجام این تحقیق تعیین غلظت فلزات نیکل و وانادیوم در رسوب، ریشه و برگ در دو رویشگاه حرا (*Avicennia marina*) و برآورد میزان انتقال فلزات نیکل و وانادیوم از رسوب به ریشه و برگ در ارتباط با خصوصیات کیفی آب و رسوب در دو منطقه حفاظت شده قشم و نایبند بود.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

مناطق موردمطالعه شامل جنگل‌های مانگرو (*Avicennia marina*) در خلیج نایبند('38° 52 تا '41° 52 طول شرقی و '23° 27 تا'28° 27 عرض شمالی) و منطقه حفاظت شده حرا در جزیره قشم ('32° 55 تا '48° 55 طول شرقی و '43° 26 و'59°26 عرض شمالی) (3و4) در (شکل 1) ارائه شده است. خلیج نایبند در استان بوشهر و در مجاورت منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس (عسلویه) واقع شده است. این رویشگاه حدود 82 هکتار وسعت دارد و بیش از 60% درختان این رویشگاه دارای پوشش تاجی متراکم است(4). رویشگاه حفاظت شده قشم با وسعت 9206 هکتار درشمال غربی جزیره قشم واقع است(3). میزان بارندگی سالانه جزیره قشم در حدود 200 میلی متر است(7).

در این مطالعه16 ایستگاه نمونه‌برداری با سه تکرار از رسوب، ریشه و برگ انجام شد. ابتدا بر روی نقشه هر کدام از رویشگاه‌ها، 4 ترانسکت عمود بر ساحل در نظر گرفته شد و نقاط نمونه‌برداری بر روی این ترانسکت‌ها طوری در نظر گرفته شد که در هر ترانسکت از 2 ایستگاه (یک ایستگاه در منتهی‌الیه سمت خشکی و ایستگاه دیگر در منتهی‌الیه سمت دریا) نمونه‌برداری به‌عمل آید. توزیع ترانسکت‌ها در دو منطقه به گونه‌ای بود که کل اجتماعات گیاهی مورد نظر تحت پوشش قرار گیرد تا به‌همراه توزیع ایستگاه‌های نمونه‌برداری اطلاعات لازم از انتشار آلایندگی نفت در بخش‌های مختلف اجتماعات گیاهی به‌دست آید. مختصات هر نقطه از نقشه به سامانه موقعیت‌یاب جهانی(GPS)(Global Positioning System) منتقل و بر روی زمین شناسایی شد.

نمونه برداری

دراین مطالعه نمونه‌برداری از رسوب، ریشه و برگ درختان حرا در دو رویشگاه قشم و خلیج نایبند در پاییز 1389 انجام گرفت. از هر ایستگاه نمونه‌برداری رسوب سطحی از عمق0 تا 10 سانتی‌متر به وزن 500 گرم به‌وسیله پلاستیک شسته شده با اسید نیتریک برداشته شد. نمونه‌های رسوب در درون کیسه‌های پلاستیکی پلی اتیلن قرار گرفت و پس از نگهداری در یخدان به آزمایشگاه، منتقل شد(23). درنمونه‌برداری از بافت ریشه، ریشه‌های مغذی مورد نمونه‌برداری قرار گرفت و از برداشت ریشه‌های هوایی اجتناب شد. در این روش علاوه بر نمونه‌های فوق که برای سنجش فلزات سنگین برداشت شد، 3 نمونه رسوب نیز به‌وسیله گراب (0/1 مترمکعب) برداشته شد و رسوب آن با استفاده از الک با چشمه 1 میلی‌متر با آب دریا شست‌وشو و صاف گردید تا بقایای ریشه‌ها و دیگر مواد ناخواسته از آن جداسازی شود. تمام نمونه‌ها درون کیسه‌های پلاستیکی با یخدان به آزمایشگاه منتقل شد. برای نمونه‌برداری برگ حدود 30–20 عدد برگ از یک درخت با ارتفاع بیش از 1 متر یکسان نسبت به سطح زمین به‌طور تصادفی جمع‌آوری شد. نمونه‌های رسوب، ریشه و برگ جمع‌آوری شده در آزمایشگاه به‌طورکامل در هوای آزاد و سپس در دمای 105 درجه سانتی‌گراد در آون تا رسیدن به وزن ثابت نگهداری و خشک شدند(23).

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.7.7]



شکل۱. مناطق مورد مطالعه، سمت راست منطقه حفاظت شده حرا در جزیره قشم و سمت چپ خلیج نایبند در منطقه عسلویه

نحوه اندازه‌گیری نیکل و وانادیوم

برای تهیه عصاره از رسوب مطابق با روش 3050 آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا(Environmental Protection Agency) از مخلوط اسید نیتریک و آب‌اکسیژنه برای هضم نمونه‌ها استفاده شد(21). درحالی‌که برای تهیه عصاره از نمونه‌های ریشه و از برگ گیاهی به‌ترتیب 1 گرم و 2 گرم از وزن خشک شده را از الک با چشمه 1 میلی‌متر عبور داده شد. سپس بوته‌چینی اسید شسته شده را به همراه نمونه در کوره الکتریکی در دمای 500 درجه سانتی‌گراد به مدت 2 ساعت انکوبات شد و به مدت 4 ساعت تا رسیدن به دمای محیط نمونه‌ها در کوره باقی ماندند. سپس 2/5 میلی‌لیتر اسید نیتریک 6 مولار را به بوته چینی اضافه گردید و در نهایت بعد از اطمینان از حل شدن خاکستر، از کاغذ صافی واتمن 42 عبور داده شده و با آب مقطر به حجم 20 میلی‌لیتر رسانده شد. در کلیه مراحل عصاره‌گیری برای حذف اثر مزاحمت ها در تعیین غلظت فلزات، نمونه‌ای به‌صورت شاهد (بدون حضور رسوب، ریشه و برگ) در نظر گرفته شد (31). اندازه‌گیری میزان نیکل و وانادیوم نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی(Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), Perkin Elmer AAnalyst 700, Canada) انجام شد. ضریب انتقال(TF)(Transfer Factor) نیکل و وانادیوم از رسوب به ریشه و ریشه به برگ به‌صورت زیر محاسبه گردید(30):

$$TF = \frac{\text{غلظت فلز در بافت گیاهی (وزن خشک)}}{\text{غلظت فلز در رسوب (وزن خشک)}} \quad [۱]$$

اندازه‌گیری خصوصیات رسوب

خصوصیات رسوب از قبیل pH، EC پس از تهیه عصاره رسوب به‌ترتیب با pH متر (3310, Jenway, UK) و EC متر (4130, Jenway, UK) انجام شد. برای اندازه‌گیری درصد مواد آلی، از روش سوزاندن مرطوب استفاده شد(22).

آنالیز آماری

بعد از تعیین وضعیت نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون نرمالیته کولموگرو اسمیرنو(Kolmogorov– Smirnov)(p>0/05)، از آزمون‌های t جفت شده برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار برای گروه‌های نرمال استفاده شد. از آزمون من ویتنی (Whitney test-Mann) برای داده‌های غیرنرمال استفاده گردید. هم‌بستگی بین پارامترهای مختلف با هم‌بستگی اسپیرمن (برای داده‌های غیر نرمال) و پیرسون(داده‌های نرمال) بررسی شد. محاسبات و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار SPSS 19 انجام شد.

نتایج

خصوصیات رسوب شناختی زیستگاه

pH در هر دو رویشگاه نزدیک به خنثی بوده و در محدود 7/6-7/5 است. علاوه بر این، متوسط هدایت الکتریکی (EC) در رویشگاه قشم(60/38 ±22/20) بیشتر از نایبند (51/71 ±14/79) است(p<0/05) .متوسط میزان ماده آلی در رویشگاه نایبند

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.7.7]

(1/20 ± 3/02) و قشم (0/75± 2/99) از لحاظ آماری با هم تفاوت ندارند(p=0/993). در رویشگاه نایبند متوسط درصد بافت شنی (بافت درشت) بیشتر از بافت رس و سیلت (بافت ریز) است. بافت رسوبات در ایستگاه‌های رویشگاه قشم اساساً سیلتی- شنی است. با مقایسه بافت رسوبات در دو رویشگاه قشم و نایبند، تفاوت معنی‌داری بین میزان رس (به‌ترتیب 22/79% و 19/4%) ، سیلت (به‌ترتیب 40/34% و 21/95%) و شن (به‌ترتیب 96% /39 و 58/66 %) در دو رویشگاه وجود داشت(p<0/05).

میزان نیکل و وانادیوم

نتایج حاصل از اندازه گیری غلظت نیکل و وانادیوم در سه نمونه رسوب، ریشه و برگ در دو رویشگاه قشم و نایبند در (شکل2) ارائه شده است. در دو رویشگاه قشم و نایبند متوسط غلظت نیکل در رسوب (به ترتیب 22/4±97/2 و 23/8±45/8 میکروگرم بر-گرم) و برگ(به ترتیب 1/1±3/1 ، 1/1±3/4 میکروگرم برگرم) بیش از متوسط غلظت وانادیوم در رسوبات(8/4±38/7، 8/3±17/9 میکروگرم برگرم) و برگ(0/5±0/5، 0/4±1/1 میکروگرم برگرم) بود. اما در رویشگاه قشم غلظت وانادیوم(2/2±19/8میکروگرم بر-گرم) در ریشه بیش از غلظت نیکل (3/5±14/7میکروگرم برگرم) به دست آمد. با مقایسه دو رویشگاه قشم و نایبند می‌توان استنباط کرد که متوسط غلظت فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در رسوبات سطحی و نیز ریشه‌ی درختان رویشگاه قشم بیشتر از متوسط این فلزات در رویشگاه نایبند است. متوسط غلظت نیکل در ریشه گیاهان رویشگاه قشم و نایبند به ترتیب 3/5±14/7 و 3/9±6/2 میکروگرم برگرم و متوسط غلظت وانادیوم نیز به ترتیب 2/2±19/8 و 5/1±6/6 میکروگرم بر گرم است (p<0/0001). اما متوسط غلظت وانایوم در برگ درختان رویشگاه نایبند (0/4±1/1میکروگرم برگرم) بیشتر از متوسط غلظت این فلز در برگ درختان رویشگاه قشم (0/3±0/5 میکروگرم برگرم) می‌باشد (p<0/0001). با این وجود تفاوت قابل ملاحظه‌ای در متوسط غلظت نیکل در برگ گیاهان رویشگاه قشم و نایبند مشاهده نشد (p>0/05).

ضریب انتقال فلزات سنگین

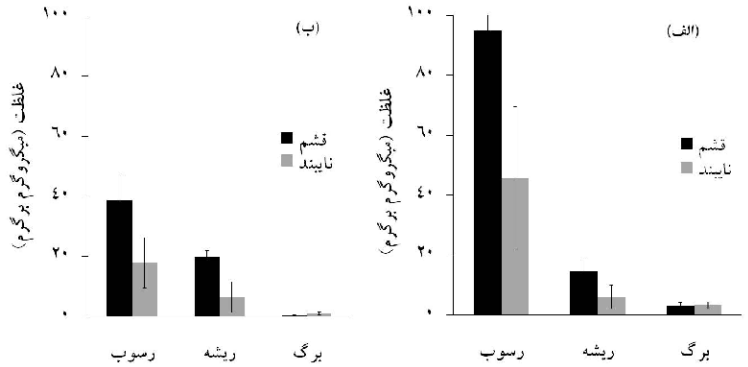
مقادیر ضریب انتقال نیکل و وانادیوم از رسوب به ریشه و به برگ در دو رویشگاه قشم و نایبند در(شکل3)ارائه شده است. انتقال فلزات نیکل و وانادیوم به ترتیب بیشتر از طریق ریشه به برگ و رسوب به ریشه صورت می‌گیرد. با این وجود، ضریب انتقال رسوب به ریشه برای فلز وانایوم در رویشگاه قشم (0/502) بیشتر از نایبند (0/447) است (p=0/0187). اما میزان این ضریب برای فلز نیکل در دو رویشگاه قشم و نایبند (به‌ترتیب برابر 0/159 و 0/125) تغییر چندانی نداشت (p=0/109). هم‌چنین ضرایب انتقال نیکل از ریشه به برگ در خلیج نایبند(0/749) و قشم (0/225) تفاوت معنی‌داری داشت (p<0/0001). میانگین ضریب انتقال فلزات وانادیوم از ریشه به برگ نیز در نایبند و قشم (به‌ترتیب 0/228 و 0/0250) تفاوت معنی‌داری نشان دادند(p<0/0001). ضریب انتقال فلزات وانادیوم و نیکل از ریشه به برگ در رویشگاه نایبند به‌ترتیب10 و 3 برابر رویشگاه قشم متغیر است.

هم‌بستگی انتقال مواد بین رسوبات - ریشه و ریشه - برگ با عوامل محیطی

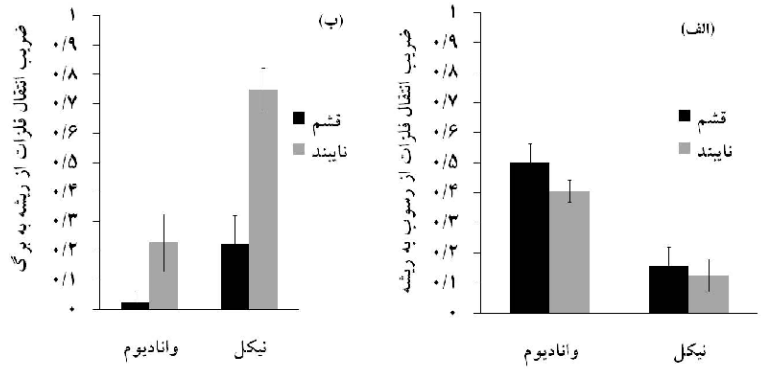
نتایج هم‌بستگی ضرایب انتقال از رسوب به ریشه در (جدول 1)ارائه شده است. اگر چه هم‌بستگی بین انتقال فلزات و عوامل محیطی در هر دو بخش خشکی و دریا انجام گرفت اما بیشتر هم‌بستگی‌های معنی‌دار در بخش خشکی مشاهده شد. انتقال نیکل و وانادیوم از رسوب به ریشه در سمت خشکی با EC رسوب در رویشگاه قشم هم‌بستگی منفی و معنی‌دار دارد (به ترتیب r= -0/715 و r= -0/665)، اما این هم‌بستگی که در رویشگاه نایبند معنی‌دار نبود(p>0/05). ضریب انتقال نیکل از رسوب به ریشه نیز در رویشگاه قشم با pH رابطه منفی نشان داد (r= -0/650). علاوه بر این، در رویشگاه قشم ضریب انتقال نیکل و وانادیوم از رسوب به ریشه با بافت شنی هم‌بستگی منفی(به‌ترتیب r= -0/442 و r= -0/745) و ضریب انتقال وانادیوم با بافت سیلتی هم‌بستگی مثبت نشان داد (r=0/763). درحالی‌که در رویشگاه نایبند در سمت خشکی ضریب انتقال

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.7.7]



شکل ۲. مینگین(± انحراف معیار) نیکل(الف) و وانادیوم(ب) در رسوبات سطحی، ریشه و برگ در رویشگاه قشم و نایبند



شکل ۳. مقایسه ضریب انتقال فلزات از رسوب به ریشه(الف) و ریشه به برگ(ب) در دو رویشگاه قشم و نایبند

جدول ۱. هم‌بستگی انتقال فلزات از رسوب به ریشه با ویژگی‌های بستر در سمت خشکی و دریا در رویشگاه مانگرو در قشم و نایبند

پارامتر	آنالیز آماری	قشم				نایبند			
		خشکی		دریا		خشکی		دریا	
		وانادیوم	نیکل	وانادیوم	نیکل	وانادیوم	نیکل	وانادیوم	نیکل
pH	ضریب هم‌بستگی	-0/451	-0/650	-0/302	0/216	0/093	0/249	-0/070	-0/053
	p-value	0/164	0/030*	0/340	0/500	0/773	0/488	0/837	0/870
مواد آلی	ضریب هم‌بستگی	0/031	0/528	-0/259	0/389	0/240	0/621	-0/080	-0/416
	p-value	0/928	0/095	0/416	0/106	0/453	0/0550	0/816	0/179
EC	ضریب هم‌بستگی	-0/715	-0/665	-0/252	0/324	-0/385	0/241	-0/342	0/344
	p-value	0/013*	0/013*	0/429	0/152	0/217	0/503	0/303	0/273
رس	ضریب هم‌بستگی	0/302	-0/216	0/060	-0/216	-0/777	-0/774	-0/080	-0/428
	p-value	0/340	0/500	0/854	0/500	0/003**	0/009**	0/816	0/165
سیلت	ضریب هم‌بستگی	0/763	0/183	0/475	-0/518	-0/583	0/245	-0/080	-0/314
	p-value	0/006**	0/591	0/119	0/084	0/047*	0/494	0/816	0/320
شن	ضریب هم‌بستگی	-0/745	-0/442	-0/302	0/216	0/828	0/865	0/080	0/330
	p-value	0/008**	0/087	0/340	0/500	0/001**	0/001 **	0/816	0/294

p-value *: درسطح ۰/۰۵، ** :در سطح ۰/۰۱، .در سطح ۰/۱-۰/۰۵

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.7.7]

نیکل وانادیوم با بافت رسی هم‌بستگی منفی (به‌ترتیب r= -0/774 و r= -0/777) و با بافت شنی هم‌بستگی مثبت (r= 0/865 و r= 0/828) دارد. بنابراین با افزایش درصد شن بستر در رویشگاه نایبند ضریب انتقال فلزات از رسوب به ریشه افزایش و با افزایش میزان رس و سیلت ضریب انتقال کاهش می‌یابد. همچنین هم‌بستگی ضریب انتقال نیکل و انادیوم از ریشه به برگ با ویژگی‌های بستر در دو رویشگاه قشم و نایبند در (جدول2) نشان داده شده است.

نتایج نشان داد که ضریب انتقال نیکل و وانادیوم از ریشه به برگ درسمت خشکی رویشگاه قشم (به‌ترتیب با r=0/597 و r= 0/516) و نیکل در سمت دریای رویشگاه نایبند (r= 0/719) با pH هم‌بستگی مثبت دارد. بنابراین افزایش pH منجر به افزایش انتقال فلزات از ریشه به برگ می‌گردد. علاوه بر این، ضریب انتقال نیکل و وانادیوم در رویشگاه قشم (به‌ترتیب r= -0/668 و r= -0/535) و ضریب انتقال نیکل در سمت خشکی رویشگاه نایبند (r= -0/691) با مواد آلی بستر هم‌بستگی منفی نشان داد. بنابراین با افزایش مواد آلی بستر انتقال فلزات نیکل و وانادیوم از ریشه به برگ کاهش می‌یابد. در رویشگاه قشم ضریب انتقال نیکل در سمت دریا با بافت سیلتی هم‌بستگی مثبت دارد (r=0/648). هم‌چنین نتایج نشان داد که در رویشگاه نایبند ضریب انتقال نیکل و وانادیوم با بافت شنی هم‌بستگی منفی (به‌ترتیب r= -0/864 و r= -0/605) و با بافت رسی هم‌بستگی مثبت (به‌ترتیب r= 0/864 و r= 0/644) دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

گیاهان قابلیت تحمل فلزات سنگین را حتی در غلظت‌های بالا دارند که عمدتاً مربوط به دو مکانیسم اصلی تجمع(Accumulation) و دفع(Exclusion) آلاینده در گیاهان است. مکانیسم تجمع شامل انباشت و اتصال فلزات در دیواره سلولی، محبوس کردن آنها در واکوئل ها یا تشکیل کمپلکس با موادآلی است و دفع آلاینده شامل عدم انتقال فلزات از ریشه به قسمت هوایی و تجمع کمپلکس‌های فلزی در ریشه می‌باشد (10). علت تجمع بیشتر فلزات در ریشه درختان مانگرو نسبت به ساقه، برگ و سایر قسمت‌های هوایی را می‌توان به تماس بیشتر ریشه با رسوبات بستر نسبت داد (15). در فرایند انتقال نیکل و وانادیوم دو رویشگاه قشم و نایبند، بیشترین ضریب انتقال از رسوب به ریشه برای فلز وانادیوم و از ریشه به برگ برای فلز نیکل به‌دست آمد. علاوه بر این، ضریب انتقال وانادیوم از رسوب به ریشه در رویشگاه قشم (0/502) نسبت به رویشگاه نایبند (0/447) بیشتر بود و برای نیکل، ضریب انتقال از ریشه به برگ در رویشگاه نایبند (0/749) نسبت به قشم (0/225) بیشتر به‌دست آمد. انتقال بیشتر فلز نیکل از ریشه به برگ در مقایسه با وانادیوم با توجه به گستردگی فعالیت‌های نفت و گاز و افزایش آلودگی هوا در خلیج نایبند و تمایل بالای فلز نیکل در جذب توسط زیست توده می‌باشد (14). در حقیقت، اگرچه ضریب انتقال معیاری برای بررسی تحرک فلزات از خاک به گیاه می‌باشد و این ضریب بر مبنای جذب ریشه می‌باشد اما گیاهان می‌توانند از طریق ته‌نشست های اتمسفری نیز فلزات را جذب کنند (12و30). از سوی دیگر، دلیل انتقال پایین وانادیوم از ریشه به برگ احتمالاً به‌دلیل تمایل اندک آن در انتقال از ریشه به برگ است (13). داوری و همکاران (1389) در مطالعه‌ای که در رویشگاه‌های مانگرو در شمال خلیج‌فارس، بوشهر انجام دادند میانگین ضریب انتقال از رسوب به ریشه برای نیکل 0/68 و برای وانادیوم 0/22 و هم‌چنین میانگین ضریب انتقال از ریشه به برگ برای نیکل و وانادیوم به‌ترتیب 0/62 و 0/2 گزارش کردند(4). دلیل تفاوت در ضریب انتقال نیکل و وانادیوم در مطالعه داوری و همکاران با مطالعه حاضر، احتمالاً ناشی از تجمع فلزات حاصل از آلودگی منطقه در رویشگاه‌های مانگرو می‌باشد. با بررسی ارتباط ضریب انتقال از رسوب به ریشه مشخص شد که با کاهش pH ضریب انتقال نیکل از رسوب به ریشه در سمت خشکی رویشگاه قشم افزایش می‌یابد و علت آن به کاهش pH در رسوبات و رقابت بین یون‌های H^+ و فلزات محلول برای تشکیل لیگاندها برمی‌گردد که خود باعث کاهش

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.7.7]

جدول۲. هم‌بستگی انتقال فلزات از ریشه به برگ با ویژگی‌های بستر در سمت خشکی و دریا در رویشگاه مانگرو در قشم و نایبند

پارامتر	آنالیز آماری	قشم				نایبند			
		خشکی		دریا		خشکی		دریا	
		وانادیوم	نیکل	وانادیوم	نیکل	وانادیوم	نیکل	وانادیوم	نیکل
pH	ضریب هم‌بستگی	0/516	0/597	-0/400	-0/301	0/350	-0/043	0/195	0/719
	p-value	0/086^{0}	0/040	0/198	0/341	0/321	0/894	0/589	0/029*
مواد آلی	ضریب هم‌بستگی	-0/535	-0/668	0/365	-0/173	-0/144	-0/691	0/384	-0/414
	p-value	0/073^{0}	0/018*	0/243	0/591	0/691	0/013*	0/273	0/268
EC	ضریب هم‌بستگی	-0/097	-0/175	0/203	-0/326	0/536	-0/216	0/497	0/088
	p-value	0/765	0/587	0/526	0/301	0/110	0/500	0/144	0/822
رس	ضریب هم‌بستگی	-0/087	-0/389	0/248	0/376	0/644	0/864	-0/384	-0/267
	p-value	0/789**	0/212	0/438	0/228	0/044*	0/000**	0/273	0/488
سیلت	ضریب هم‌بستگی	0/178	0/302	-0/110	0/648	0/719	0/238	-0/384	-0/493
	p-value	0/580	0/340	0/367	0/011*	0/019*	0/457	0/273	0/177
شن	ضریب هم‌بستگی	-0/150	-0/251	-0/130	-0/418	-0/605	-0/864	-0/384	0/481
	p-value	0/643	0/432	0/686	0/176	0/064^{0}	0/000**	0/273	0/190

p-value * درسطح ۰/۰۵، ** در سطح ۰/۰۱، . در سطح ۰/۱-۰/۰۵

جذب و قابلیت دسترسی زیستی فلزات می‌شود (29)،درحالی‌که با افزایش pH ضریب انتقال نیکل و وانادیوم از ریشه به برگ درسمت خشکی رویشگاه قشم و فلز نیکل در سمت دریای رویشگاه نایبند افزایش می‌یابد. تحرک وانادیوم نسبت به سایر فلزات در خاک‌های قلیایی و خنثی(در شرایط اکسیداسیون) نسبتاً بالا است اما در خاک‌های اسیدی (به‌دلیل شرایط احیا) کاهش می یابد (11). هم‌چنین اگرچه افزایش اسیدیته خاک منجر به تحرک بیشتر فلز نیکل می‌گردد اما تمایل اندک فلز نیکل(در مقایسه با برخی فلزات) در جذب توسط ذرات خاک (17) به خصوص در رویشگاه نایبند (بافت غالب شنی) منجر به افزایش غلظت این فلز در برگ گردیده است. در این مطالعه افزایش EC (افزایش یون‌ها در محیط) منجر به تجمع فلز در محیط و کاهش انتقال آن به گیاه می‌گردد (24). علاوه بر این، وجود مواد آلی در منطقه موجب جذب و تجمع بیشتر فلزات سنگین در منطقه می‌شوند (29)، زیرا ماده‌ی آلی با برقراری پیوند با فلزات سنگین و کلاته کردن(Chelate) باعث نگهداشت فلزات سنگین و کاهش قابلیت دسترسی زیستی آن در گیاه می‌گردد (8). مهم‌ترین دلیل تفاوت در ضریب انتقال از رسوب به ریشه و ریشه به برگ در دو رویشگاه می‌تواند مربوط به بافت بستر باشد، زیرا بافت غالب در رویشگاه قشم بافت رسی-سیلتی (ریزدانه) و در رویشگاه نایبند، بافت شنی است. پتانسیل بالای بافت رسی در جذب و نگهداشت فلزات منجر به افزایش تجمع و نگهداشت فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در رسوبات منطقه قشم گردیده است (8،2 و34) و در رویشگاه نایبند با توجه به غالب بودن بافت شنی(عدم قابلیت تجمع فلزات در رسوبات) امکان انتقال فلزات از ریشه به برگ کاهش می‌یابد. در مطالعه حمزه و همکاران(1390)بافت رسی بستر و میزان بالای مواد آلی در رویشگاه مانگرو در خلیج گواتر نقش به‌سزایی در تجمع فلز نیکل در سوبات ساحلی داشته است (2).

به طور کلی، تجمع و انتقال فلزات سنگین در گیاهان بستگی به نوع گونه گیاهی، فعالیت‌های میکروبی،تمایل جذبی فلز، برخی موانع فیزیولوژیکی در مقابل انتقال فلزات به قسمت‌های هوایی و

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.7.7]

شرایط بستر همچون pH، مواد آلی، ظرفیت تبادل یونی، شرایط احیا، حضور هیدروکسید و سایر یون ها دارد (12، 19و 27). چنین نتیجه‌گیری در مطالعه رمای و مچیوا (2002) بر روی اندازه‌گیری نیکل و وانادیوم در رسوبات، ریشه و برگ سه رویشگاه اصلی مانگرو در تانزانیا مشهود است. آنها در مطالعه خود تفاوت در غلظت فلزات نیکل و وانادیوم در نمونه‌های ریشه و برگ درختان در سه رویشگاه مانگرو را به سن درختان مانگرو و پارامترهای محیطی همچون شرایط اکسیداسون، مواد آلی، pH و شوری رسوبات نسبت دادند(25). در مطالعه هی و همکاران(2014) نیز غلظت پایین نیکل در ساقه و برگ درختان حرا نسبت به رسوب (در رویشگاه فوتیان چین) ناشی از تمایل اندک فلز نیکل برای انتقال از رسوب به بخش های بالاتر و کاهش قابلیت تجمع زیستی آن می‌باشد که تحت تاثیر pH، تبادل یونی، شرایط اکسیداسیون و غیره می باشد. در حقیقت این عوامل به-شدت بر روی تحرک فلزات و درنتیجه قابلیت دسترسی زیستی گیاه موثر هستند(18). در مطالعه چراغی و همکاران(1392) نیز ضریب انتقال نیکل در درختان حرا از رسوب به ریشه و ریشه به برگ به‌ترتیب 0/06 و 0/66 در منطقه بندر امام خمینی به‌دست آمد. آنها در مطالعه خود دریافتند که بیش از 90% نیکل در سوبات باقی می‌ماند و بخش کمی در گیاه انتقال می‌یابد بنابراین انتقال نیکل توسط ریشه به برگ پایین است(1). در مطالعه کشاورز و همکاران(2012) غلظت فلز وانادیوم در رسوبات رویشگاه حرا در منطقه سیریک هرمزگان کمتر از 0/01 میکروگرم بر گرم گزارش شد و به‌دلیل غلظت بسیار پایین وانادیوم در رسوب، انتقال آن در ریشه و برگ ناچیز بوده است (20). به هرحال نکته قابل‌توجه در این مطالعه فاصله رویشگاه‌های مانگرو از منابع آلودگی و متأثر بودن آن‌ها از آلودگی منطقه است.

انتظار می‌رفت میزان تجمع و انتقال فلزات نیکل و وانادیوم در رویشگاه نایبند که در مجاورت منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس(عسلویه) قرار دارد بیشتر از رویشگاه قشم (دور از منبع خاص آلودگی) باشد، اما این مطالعه نشان داد که نه فقط مجاورت در کنار منبع آلودگی می‌تواند باعث آسیب‌های جدی به محیط زیست شود بلکه انتقال آلودگی از یک منطقه به منطقه دیگر و سایر شرایط محیطی همچون جهت جریانات آبی، ویژگی‌های رسوبات سواحل، شرایط اقلیمی و غیره نیز می‌تواند منجر به وارد آمدن صدمات و آسیب به محیطی گردد که در مجاورت منبع آلودگی نبوده است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه در نمونه‌های رسوب، ریشه و برگ به‌ترتیب بالاترین غلظت نیکل و وانادیوم به‌دست آمد. با این وجود، اختلاف در ویژگی‌های رسوب همچون pH، شوری، مواد آلی و مخصوصاً تفاوت در نوع بافت رسوبات دو رویشگاه به همراه گستردگی فعالیت‌های نفت و گاز در خلیج نایبند باعث تفاوت در میزان انتقال نیکل و وانادیوم در درختان مانگروگردیده است. نتایج این مطالعه نشان داد به‌منظور بررسی تجمع و انتقال آلودگی در بستر و بافت‌های درختان مانگرو علاوه بر اهمیت فاصله رویشگاه‌های موردمطالعه از منابع آلوده کننده، سایر پارامترهای محیطی همچون ویژگی‌های بستر رویشگاه مانگرو، شرایط اقلیمی و غیره نیز باید مورد بررسی قرار گیرند. لذا، با توجه به اهمیت اقتصادی- اکولوژیکی زیستگاه‌های مانگرو در منطقه خلیج فارس و آسیب‌پذیر بودن آنها نسبت به انواع فشارهای محیطی به خصوص گسترش روز افزون فعالیت‌های نفت و گاز در آن منطقه لازم است علاوه بر اجرای برنامه‌های جامع و کارآمد مدیریتی- حفاظتی توسط مدیران و تصمیم گیران، پایش های دوره‌ای و مداوم در ارتباط با آلودگی‌های منطقه به‌خصوص آلودگی‌های نفتی صورت گیرد.

سپاسگزاری

شایسته است تا بدین وسیله از اداره کل محیط زیست بوشهر، آزمایشگاه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، دکتر نورا... میرغفاری، دکتر امیدوار فرهادیان، مهندس سعید اسدالله که کمک شایانی در اجرای این تحقیق نموده‌اند صمیمانه سپاسگزاری نماییم.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.7.7]

منابع مورد استفاده

1. چراغی، م.، ع. صفاهیه، ع. دادالهی سهراب، ک. غانمی، ع. دورقی. 1392. تعیین غلظت فلزات سنگین در گیاه حرا (Avicennia marina) و رسوبات بندر امام خمینی(ره). *اقیانوس شناسی* 4(14):25-19.
2. حمزه، م.ع.، م. بومری، ح. رضایی و غ. ر. بسکله. 1390. ژئوشیمی زیست محیطی فلزات سنگین در رسوبات ساحلی خلیج گواتر. منتهی‌الیه جنوب شرقی ایران. *اقیانوس شناسی* 2(8): 20-11.
3. دانه‌کار، ا. و غ. جلالی. 1384. بررسی ساختار جنگل‌های حرا در حوزه فشین خمیر و قشم(استان هرمزگان) با استفاده ازآماربرداری به‌روش ترانسکت. *پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی* 67: 24-18.
4. داوری، ع.، ا. دانه‌کار، ن. ا. خراسانی و آ. جوانشیر. 1389. بررسی تجمع فلزات سنگین در بستر، برگ و ریشه درختان حرا در استان بوشهر. *نشریه محیط زیست طبیعی (مجله منابع طبیعی ایران)* 63(3): 277-267.
5. ربانی، م. د.، ا. ا. جعفرآبادی آشتیانی و ا. ع. مهرداد شریف. 1387. اندازه‌گیری میزان آلودگی ناشی از فلزات سنگین نیکل، سرب و جیوه در رسوبات خلیج فارس/ منطقه عملیاتی عسلویه. *نشریه اکتشاف و تولید* (51): 57-53.
6. عرفانی، م.، ا. دانه‌کار، غ. ر. نوری و ط. اردکانی. 1389. بررسی عوامل موثر بر تغییرات جهانی وسعت جنگل‌های مانگرو. مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین المللی جغرافی‌دانان جهان اسلام، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان. 15-1.
7. مهدوی، ع.، م. زبیری و م. نمیرانیان. 1381. بررسی روند تغییرات کمی و کیفی جنگل‌های مانگرو منطقه قشم با استفاده از عکس‌های هوایی سال های 1346 و 1373. *مجله منابع طبیعی ایران* 55 (3): 388-377.
8. Abollino, O., M. Aceto, M. Malandrino, C. Sarzanini and E. Mentasti. 2003. Adsorption of heavy metals on Na-montmorillonite. Effect of pH and organic substances. ***Water Research Journal*** 37(7):1619-1627.
9. Alongi, D. M. 2002. Present state and future of the world's mangrove forests. ***Environmental Conservation Journal*** 29(3): 331-349.
10. Ashraf, M., M. Maah, I. Yusoff. 2011. Heavy metals accumulation in plants growing in ex tin mining catchment. ***Journal of Environmental Science and Technology*** 8(2): 401-416.
11. Barceloux, D. G. and D. Barceloux. 1999. Vanadium. ***Journal of Clinical Toxicology*** 37(2): 265-278.
12. Borůvka, L., J. Kozák and S. Krištoufková. 1997. Heavy metal accumulation in plants grown in heavily polluted soils. ***Folia Microbiologica*** 42(5): 524-526.
13. Byerrum, R. 1974. Medical and biologic effects of environmental pollutant, vanadium. National Academy of Sciences, Washington DC. pp.19-45.
14. Cempel, M. and G. Nikel. 2006. Nickel: A review of its sources and environmental toxicology. ***Journal of Environmental Studies*** 15(3): 375-382.
15. Cheng, S. 2003. Heavy metals in plants and phytoremediation. ***Environmental Science and Pollution Research*** 10(5): 335-340.
16. Defew, L. H., J. M. Mair and H. M. Guzman. 2005. An assessment of metal contamination in mangrove sediments and leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama. ***Marine Pollution Bulletin*** 50(5): 547-552.
17. Environment Agency. 2009. Soil guideline values for nickel in soil. Science Report SC050021 / Nickel SGV, SCHO0409BPWB-E-P. pp.1-10.
18. He, B., R. Li, M. Chai and G. Qiu. 2014. Threat of heavy metal contamination in eight mangrove plants from the Futian mangrove forest, China. ***Environmental Geochemistry and Health*** 36(3): 467-476.
19. Intawongse, M. and J. R. Dean. 2006. Uptake of heavy metals by vegetable plants grown on contaminated soil and their bioavailability in the human gastrointestinal tract. ***Food Additives and Contaminants*** 23(1): 36-48
20. Keshavarz, M., D. Mohammadikia, F. Gharibpour and A-R. Dabbagh. 2012. Accumulation of heavy metals (Pb, Cd, V) in sediment, roots and leaves of Mangrove species in Sirik Creek along the Sea Coasts of Oman, Iran. ***Journal of Life Science and Biomedicine*** 2(3):88-91.
21. Kimbrough, D. E. and J. R. Wakakuwa. 1989. Acid digestion for sediments, sludges, soils, and solid wastes. A proposed alternative to EPA SW 846 Method 3050. ***Environmental science & technology*** 23(7): 898-900.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.7.7]

22. Klute, A. 1986. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. American Society of Agronomy, USA. 1188 p.
23. MacFarlane, G., A. Pulkownik and M. Burchett. 2003. Accumulation and distribution of heavy metals in the grey mangrove. *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.: biological indication potential. *Environmental Pollution* 123(1): 139-151.
24. Mebrahtu, G. and S. Zerabruk. 2011. Concentration of heavy metals in drinking water from urban areas of the Tigray region, Northern Ethiopia. *Momona Ethiopian Journal of Science* 3(1): 105-121.
25. Mremi, S. and J. F. Machiwa. 2003. Heavy metal contamination of mangrove sediments and the associated biota in Dar es Salaam, Tanzania. *Tanzania Journal of Science* 29: 61-76.
26. Natesan, U., M. M. Kumar and K. Deepthi. 2014. Anthropogenic effects on sediment quality of Muthupet mangroves: assessing the sediment core geochemical record. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences (IJMS)* 43(6): 1045-1054.
27. Olayinka, K., A. Oyeyiola, F. Odujebe and B. Oboh. 2011. Uptake of potentially toxic metals by vegetable plants grown on contaminated soil and their potential bioavailability using sequential extraction. *Journal of Soil Science and Environmental Management* 2 (8): 220-227.
28. Orji, F. A., A. Ibiene and O. C. Ugbogu. 2012. Petroleum hydrocarbon pollution of mangrove swamps: The promises of remediation by enhanced natural attenuation. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 7(2): 207-216.
29. Peng, J., Y.Song, P. Yuan, X. Cui and G. Qiu. 2009. The remediation of heavy metals contaminated sediment. *Journal of Hazardous Materials* 161(2): 633-640.
30. Pundytė, N., E. Baltrenaitė, P. Pereira and D. Paliulis. 2011. Heavy metals and macro nutrients transfer from soil to pinus sylvestris L. The 8th International Conference Vilnius, Lithuania. pp.308-312.
31. Radojevic, M. and V. N. Bashkin. 1999. Practical environmental analysis: Royal Society of Chemistry. UK. 466 pp.
32. Smical, A. I., V. Hotea, V. Oros, J. Juhasz and E. Pop. 2008. Studies on transfer and bioaccumulation of heavy metals from soil into lettuce. *Environmental Engineering and Management Journal* 7(5): 609-615.
33. Danzon. Marc A. 2000. Air quality guidelines for Europe- Nickel air quality guidelines. Second Edition. Copenhagen : World Health Organization. Regional Office for Europe. UN City, Denmark.
34. Zare-maivan, H. 2010. Distribution of heavy metals associated with petroleum in the northern Persian Gulf: Bushehr and Nayband Bay area. *Journal of the Persian Gulf* 1(1): 1-6.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.8.7.7]