مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و چهارم، شماره یک، فروردین ماه ۱۴۰۱ (۵۲ -۳۹)

بررسی غلظت فلزات سنگین (Ni / Pb / Cd) در اسفناج (*Spinacia oleraceae*) با تأثیر پذیری از نزولات خشک اتمسفری(مطالعه موردی: بالا دست و پایین دست نیروگاه رامین اهواز)

علی کریمی شوشتری [۱]

مریم محمدی روزبهانی [۱*]

mmohammadiroozbahani@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۱۹ **تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۲۳**

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی گیاهان به عناصر سنگین به عنوان یکی از مشکلات زیست محیطی فراروی بشر، در چند دهه گذشته مورد توجه محققین زیادی قرار گرفته است . فرآیندهای هوازدگی مواد مادری و خاکسازی و فعالیتهای انسان بر روی کره زمین، شامل کاربرد کودهای شیمیایی، لجن فاضلاب، سوخت های فسیلی و از طرفی فرو نشست های اتمسفری، باعث شده تا غلظت فلزات سنگین در خاک به طور روز افزون افزایش یابد. هدف از این مطالعه تعیین غلظت کادمیوم، سرب، و نیکل در سبزی اسفناج و خاک برداشت شده از مزارع بالادست و پایین دست نیروگاه رامین می باشد.

روش بررسی: ۹۹ نمونه سبزی و خاک در پاییز ۹۴ جمع آوری شد، که پس از هضم شیمیایی (برای خاک به روش ۳۰۵۰EPA و برای گیاه به روش جکسون ۱۹۸۰) و آماده سازی توسط دستگاه پلاسمای جفت شده القایی طیف سنجی نشر نوری (ICP-OES) فلزات سنگین اندازه گیری شدند؛ سپس نتایج بدست آمده با استفاده از نرم‌افزارSPSS20 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته ها: نتایج نشان داد غلظت Cd، Pb و Ni در اسفناج و خاک پایین دست نیروگاه به ترتیب ۱۷/۷۶، ۲۰/۸۹ و ۴۳/۶۸ mg/kg ، ۰/۰۹، ۱/۰، ۲/۵۲ mg/kg و در اسفناج و خاک بالا دست نیروگاه رامین به ترتیب ۶/۸۱، ۱۷/۹۴ و ۲۸/۳۲ mg/kg ، ۰/۰۸، ۰/۸ و ۱/۸۵ mg/kg اندازه گیری شده که با توجه به حد استاندارد، غلظت کادمیوم، نیکل و سرب در اسفناج بالاتر و در خاک پایین تر از حد استاندارد بوده است. غلظت هر سه فلز در تمامی نمونه های سبزی بالاتر از حد استاندارد بود. الگوی کلی غلظت فلزات در سبزیجات و خاک منطقه به صورت Ni>Pb>Cd می باشد.

۱- گروه محیط زیست، واحد اهواز ، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

بحث و نتیجه گیری: با توجه به مقدار بالای تجمع فلزات سنگین در سبزی اسفناج و تأثیرپذیری از نزولات خشک اتمسفری در منطقه ، تمرکز بر خطر بالقوه در رفع آلودگی فلزات سنگین برای ایمنی مواد غذایی و سلامت انسان در خاک های کشاورزی و سبزیجات بالادست و پایین دست نیروگاه رامین بسیار لازم است.

واژه های کلیدی: فلزات سنگین، نزولات خشک اتمسفری، نیروگاه رامین، اسفناج (*Spinacia oleraceae*).

J. Env. Sci. Tech., Vol 24, No. 1, April, 2022

Heavy metals concentrations (Ni / Pb / Cd) in Spinach *(Spinacia oleraceae*) with Effect of Atmospheric Desiccation (Case Study: Upper Hand and Downstream of Ramin Ahvaz Power Plant)

Ali Karimi Shooshtari[1]
Maryam Mohammadi Rouzbahani[1*]
mmohammadiroozbahani@yahoo.com

Admission Date:June 13, 2018 Date Received: September 10, 2017

Abstract

Background and Objective: Several studies have been done to measure the concentration of heavy metals in vegetables, but so far, research on the determination of heavy metals in spinach and soil vegetation in upstream and downstream of the Ramin power plant using inductively coupled plasma - Optical emission spectroscopy has not been performed. Therefore, the purpose of this study was to determine the concentration of cadmium, lead, and nickel in spinach and soil harvested from upstream and downstream fields of Ramin Power Plant.

Material and Methodology: 99 vegetable and soil samples were collected. After chemical digestion (for soil using EPA 3050 and for plant using Jackson, 1980), preparation was performed by the ICP-OES induction plasma coupling device. Then, the results were analyzed using SPSS20 software.

Findings: The results showed that concentrations of Cd, Pb and Ni in spinach and the soil bottom of the plant were 17.76, 20.89 and 43.68 mg / kg, 0.09, 0.1, 2.52 mg / kg, respectively. And in the spinach and the upper soil of the Ramin power plant were measured 6.81, 17.94 and 28.38 mg / kg, 0.88, 0.8 and 1.85 mg / kg respectively, which according to the standard limit. Concentration of cadmium, nickel and lead in spinach was higher and in soil below standard level. The concentration of all three metals in all vegetable samples was higher than the standard standard. The general pattern of concentrations of metals in vegetables and soil is Ni> Pb> Cd.

Discussion and Conclusion: Considering the high concentration of heavy metals in spinach herb and the impact of atmospheric dry atmospheric precipitation in the region, focusing on the potential risk of heavy metals contamination for food safety and human health in agricultural soils and upstream and downstream Ramin power plants it is very necessary.

Keywords: Heavy metals, Atmospheric precipitation, Ramin power plant, Agricultural soil, Spinachia spinach (*Spinacia oleraceae*)

1- Department of Environment, Ahvaz branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

مقدمه

آلوده شدن خاک و گیاهان به وسیله فلزات سنگین به طور جامع و گسترده ای در کشورهای مختلف جهان مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته است. فلزات سنگین به عنوان فلزاتی با چگالی بالاتر از $g.cm^{-3}$ ۵ تعریف می شوند که منبع عمده آنها فعالیت های صنعتی و معدن کاری، احتراق سوخت، حمل و نقل اتومبیل ها، استفاده از آفت کش ها و کودها در کشاورزی می باشد(۱). فلزات سنگین به طور طبیعی در خاک به میزان بسیار کم یافت می شوند، با وجود این ممکن است از طریق احتراق سوختهای فسیلی، پسابهای شهری و صنعتی، لجن فاضلاب و کودهای شیمیایی وارد خاک شده و بدین طریق باعث آلودگی خاک و گیاهان منطقه شوند. فلزاتی همچون Cd/Cu/Pb/Cr/Ni/As دارای خطرات جدی برای گیاهان می باشند. این فلزات توسط خاک جذب شده و سبب آلودگی زمین های کشاورزی می شود و نهایتاً وارد چرخه خاک، گیاه، حیوان و انسان شده و ممکن است. به حد آستانه سمی برای گیاه، حیوان و انسان برسد (۲). فلزات سنگین به دلیل عدم تجزیه بیولوژیکی، نیمه عمر زیاد بیولوژیکی و خاصیت تجمعی آنها بسیار مخاطره آمیزند. بیشتر فلزات سنگین به دلیل قابلیت انحلال آنها در آب بسیار سمی هستند. حتی غلظت های کم فلزات سنگین به دلیل فقدان مکانیزم مناسب حذف آنها از بدن دارای اثرات مخاطره آمیز است(۳). از عوامل مؤثر بر غلظت فلزات سنگین در گیاهان می توان بر شرایط آب و هوایی، نزولات جوی، ماهیت زمین محل رشد گیاه و سن گیاه، در هنگام برداشت اشاره کرد.

یکی از منابع اصلی قرار گرفتن انسان در معرض فلزات سنگین، رژیم غذایی روزانه آنها است. سبزیجات به دلیل ارزش غذایی فرآوان نقش مهمی در سلامت انسان دارند، بنابر این در بسیاری از نقاط جهان سبزیجات به طور عمده بخش قابل توجهی از سبد روزانه خواربار خانواده را تشکیل می دهد(۴). فلزات سنگین از طریق هوا، خاک و آب آلوده وارد محصولات کشاورزی می شوند، غلظت فلزات سنگین در خاک عمدتاً از طریق فعالیت های انسانی مانند کاربرد لجن فاضلاب افزایش می یابد. مصرف این محصولات به علت جذب فلزات سنگین از خاک آلوده توسط ریشه گیاه و همچنین رسوب مستقیم آلاینده‌ها از هوا بر سطوح گیاه برای انسان و حیوان تهدید کننده است(۵). از میان سبزیجات با ارزش خوراکی بالا میتوان به سبزی اسفناج اشاره کرد. اسفناج محصول نواحی نسبتاً سرد است و در آب و هوای خنک بهتر رشد می کند. به طور کلی، اسفناج در مجاورت تابش زیاد آفتاب، دمای متوسط و هوای مرطوب بهترین محصول را می دهد. یخبندان را بیشتر از اغلب سبزی های دیگر تحمل می نماید. بعضی از ارقام آن حتی در مقابل سرزمای تا ۷- درجه سانتی گراد نیز مقاوم هستند. اسفناج از نظر داشتن ویتامینB3 بسیار غنی است و بنابراین داروی مهمی برای برطرف کردن بیماری پلاگر است. ضمنا در اسفناج مقدار زیادی آهن ، ید، لسیتین، کلروفیل، کاروتن، اسید اگزالیک و اسید ارسنیک وجود دارد. طبق مطالعات اپیدمیولوژیک بین ابتلا به بیماری های قلبی، اختلالات کلیوی و انواع مختلف سرطان ها با فلزات سنگین موجود در آب ارتباط وجود دارد(۶). ورود فلزات سنگین به زنجیره غذایی و رسیدن به غلظت های بحرانی اثرات زیانبار متابولیکی و فیزیولوژیکی در موجودات زنده بر جای می گذارد(۷). آژانس بین المللی تحقیقات سرطان کادمیوم را به عنوان عامل کارسینوژنیک معرفی نموده است و این فلز عامل مهمی در نارسایی کلیه معرفی شده است(۸).

تحقیقات اخیر نشان از روند رو به افزایش فلزات سمی حاصل از رسوب اتمسفری در نقاط مختلف جهان از جمله در شبه قاره هند دارد(۱۱-۹). به ویژه، برای کشورهای در حال توسعه با توجه به جدید التأسیس بودن صنایع و رشد گسترده محیط شهری، غلظت آلاینده های اتمسفری به طور پیوسته در حال افزایش است(۱۶-۱۲).

فلزات سنگین کادمیوم، سرب و نیکل به دلیل عدم تجزیه بیولوژیکی، نیمه عمر زیاد بیولوژیکی و خاصیت تجمعی آنها بسیار مخاطره آمیزند. به دلیل تأثیرات مخربی که بر محیط زیست دارند همواره مورد توجه کارشناسان محیط زیست بوده اند، و از آلوده کننده های اصلی محیط زیست به شمار می روند. بدین جهت در این زمینه مطالعات بسیاری در داخل و خارج از

کشور صورت گرفته که برخی از جدیدترین این تحقیقات در زیر به اختصار آورده شده است. ابراهیم گربا و همکاران در سال ۲۰۱۵ فلزات سنگین کادمیوم، سرب و کروم را در سبزیجات بادمجان، گوجه فرنگی، ترب، خیار، هویج و کلم در حوضه رودخانه کانو نیجریه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که غلظت هر سه فلز کادمیوم، سرب و کروم در تمام سبزیجات بیش از حد مجاز بوده است(۱۷). روبرتا فری و همکاران در سال ۲۰۱۵ فلزات سنگین کادمیوم، سرب، روی، آهن و منگنز را در خاک و سبزی اسفناج کشت شده در برخی باغها و مناطق دارای صنایع آلیاژی استان برسکیا ایتالیا مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که سبزی اسفناج دارای غلظت بالایی از فلزات سنگین مورد مطالعه بوده است(۱۸).

اسامه سرور خان و همکاران در سال ۲۰۱۴ فلزات سنگین سرب، مس و کرم را در سبزیجات خوراکی گوجه فرنگی، فلفل و زنجبیل در هند و پاکستان مورد مقایسه و بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که غلظت فلزات سنگین در سبزیجات هر دو کشور در محدوده استاندارد های مجاز FAO/WHO بوده اما استفاده طولانی مدت از این سبزیجات می تواند باعث بزرگ نمایی در بدن انسان گردد (۱۹).

گیتانجالی چااوهان در سال ۲۰۱۴ فلزات سنگین کادمیوم، سرب، کروم، روی، آهن و مس را در سبزیجات بامیه، اسفناج، بادمجان، گوجه فرنگی، تربچه و گل کلم در هند در مجاورت کارخانه سیمان مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان فلزات یاد شده به طور قابل توجهی بالا بوده و در سبزیجات برگ دار بویژه اسفناج بالاتر از حد مجاز بوده است (۲۰). لوگویشا هلن و همکاران در سال ۲۰۱۴ میزان فلزات سنگین Cd، Cr، Pb، Cu **و** Zn را در سبزیجات (گل کلم، ریشه هویج، گوجه فرنگی، پیاز) و خاک در منطقه لوشوتو تانزانیا مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان غلظت فلز مس در تمام سبزیجات زیر محدوده مجاز FAO/WHO بوده، در حالی که میزان فلز کروم و روی در تمام سبزیجات بالاتر از حد مجاز گزارش شده است. فلز سرب تنها در هویج و در پیاز در بازار هم در سطوح بالای حد مجاز FAO/WHO قرار داشتند. فلز کادمیوم تنها در پیاز وگوجه فرنگی بالاتر از حد مجاز گزارش شد. همچنین میزان فلزات درخاک زیر حدود استاندارد ملی تانزانیا و کمتر از مقدار آن در سبزیجات قرار داشت (۲۱). با توجه به تجمع بسیار بالای نیکل در بخش های مختلف گیاه شلغم، محمدی روزبهانی و همکار، گیاه شلغم را به عنوان یک هایپراکیمولاتور برای فلز نیکل معرفی نمودند (۲۲). آسیه کلاه کج و همکارنیز گیاه ختمی چینی را به عنوان یک استخراج کننده سرب معرفی نمودند (۲۳).

با توجه به موارد بالا در مورد خطرات فلزات سنگین و همچنین با توجه به اهمیت مصرف روزمره سبزیجات در رژیم غذایی روزانه انسان ها، این مطالعه به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین(کادمیوم، سرب، نیکل) در سبزی خوراکی اسفناج مزارع کشاورزی روستاهای گبری و بندقیر از بخش میان آب شهرستان شوشتر انجام یافته است.این دو منطقه در بالادست و پایین دست نیروگاه رامین اهواز به عنوان یکی از مهمترین منابع آلاینده هوا قرار گرفته اند.

روش کار

عملیات نمونه برداری

نمونه برداری در فصل پاییز ۹۴ با ۳ تواتر و ۳ تکرار از مزارع کشاورزی روستای بند قیر به عنوان منطقه بالادست نیروگاه (شاهد) و مزارع کشاورزی روستای گبری به عنوان منطقه تحت تاثیر از نزولات خشک اتمسفری نیروگاه رامین اهوازصورت پذیرفت. از آن جا که این دو منطقه بخش زیادی از محصولات کشاورزی به ویژه سبزیجات مصرفی مردم را تامین می کنند بسیار حائز اهمیت هستند. در مناطق مورد مطالعه به طور تصادفی از هر منطقه ۱ مزرعه انتخاب شد (در مجموع ۲ مزرعه) و از هر مزرعه در هر نوبت ۳ نمونه از سبزی اسفناج (قسمت برگ) و همچنین ۱ نمونه مرکب از خاک جمع آوری گردید. نمونه های گیاه پس از جمع آوری به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه های خاک از عمق ۱۵-۱۰ سانتی متری برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

آماده سازی نمونه های گیاهی

پس از شستشو، نمونه ها به مدت۴۸ ساعت یا بیشتر (برای نمونه های ضخیم) در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. سپس نمونه ها توسط هاون چینی آسیاب شده و با الک ۶۳ میکرون الک شده وبه میزان یک گرم از نمونه پودرشده جهت هضم توزین گردید (۲۴).

آماده سازی نمونه های خاک

پس از نمونه برداری، نمونه های خاک به آزمایشگاه منتقل شدند تا آماده سازی آن ها جهت هضم انجام شود. برای خشک کردن نمونه ها در ظروف پتری دیش در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. پس از خشک شدن خاک ها ذرات کوچکتر از ۶۳ میکرون توسط الک جداسازی و با استفاده از هاون چینی پودر شدند. سپس به میزان یک گرم از نمونه پودرشده جهت هضم توزین گردید (۲۵).

هضم نمونه های گیاهی

هضم نمونه های گیاه با استفاده از روش جکسون ۱۹۸۰ انجام گرفت.در این روش برای هضم نمونه های گیاه ۰/۵گرم از نمونه پودر شده گیاه به ارلن ۱۰۰cc منتقل گردید و سپس **5**cc اسید نیتریک غلیظ به هر کدام از نمونه ها اضافه شد و با گذاشتن شیشه ساعت بر روی ارلن ها به مدت ۲۴ ساعت زیر هود قرار داده شدند. سپس ارلن ها را بر روی هیتر با دمای ۸۰ تا ۹۰ قرار داده و عمل حرارت دادن به ملایمت آغاز شد تا بخار خرمایی رنگی از تمامی نمونه ها متصاعد شود. پس از گذشت ۱۰ دقیقه مقدار ۲cc آب اکسیژنه ۳۰٪ به هر یک از ارلن ها اضافه شده و عمل حرارت دادن شدیدتر شد تا اکسیداسیون مواد گیاهی به اتمام رسد. این عمل تا زمانی ادامه می یابد که حجم نمونه به ۲ **تا** ۳cc کاهش یافته و نمونه کاملاً بی رنگ شود.پس از بی رنگ شدن کامل نمونه و کاهش حجم آن پس از خنک شدن ظرف ، مقداری آب مقطر به آن اضافه شده و درون بالون ژوژه ۵۰cc ریخته و با اسید نیتریک ۱۰٪ آنرا به حجم ۵۰cc رسانده سپس درون ظرف پلاستیکی قرار می دهیم تا میزان فلزات موجود در نمونه ها توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردد**.**

هضم نمونه های خاک

برای هضم نمونه های خاک از روش ۳۰۵۰EPA استفاده شد. در این روش، ۰/۵گرم از نمونه پودر شده خاک به ارلن cc ۱۰۰منتقل گردید و ۵ قطره اسید کلریدریک ۱ نرمال به هر کدام از نمونه ها اضافه شد و ارلن ها را به شکل دورانی تکان داده شد تا خاک و اسید کاملاً با هم مخلوط گردد. بعد از آن ۵cc تیزاب سلطانی به هر کدام از ارلن ها اضافه کرده و دوباره تکان می دهیم. سپس ارلن ها را بر روی هیتر برقی با دمای ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار می دهیم تا رنگ نمونه ها تیره گردد. سپس به هریک از نمونه ها ۳cc اسیدپرکلریک اضافه نموده و مجدداً ارلن ها را بر روی هیتر قرار می دهیم تا حجم نمونه ها به ۲ تا ۳cc کاهش یابد پس از از خنک شدن ظرف، مقداری آب مقطر به آن اضافه کرده و درون بالون ژوژه ۵۰cc ریخته و با اسید کلریدریک ۱ نرمال به حجم ۵۰cc رسانده می شود. فلزات موجود در عصاره به دست آمده توسط دستگاه اتمیک ابزوربشن به روش جذب اتمی قرائت گردید.

محاسبه فاکتور تجمع زیستی

فاکتورتجمع زیستی جهت مشخص نمودن گیاه اسفناج به عنوان گیاهان بیش تجمیع دهنده فلزات سنگین نیز تعیین گردید. به این منظور از نسبت غلظت فلزات سنگین در بخش هوایی گیاه به غلظت این فلزات به فرم قابل تبادل در خاک استفاده شد(۲۶).

غلظت فلز سنگین در خاک / غلظت فلز سنگین در بخش هوایی =تغلیظ زیستی(BF)

تجزیه و تحلیل اطلاعات

در این پژوهش جهت پردازش آماری داده ها از نرم-افزارSPSS20 استفاده شد. به منظور مقایسه میانگین عناصر با حد مجاز از آزمون T-TEST و برای مقایسه میانگین ۲ منطقه بالا دست و پایین دست از آزمون های ANOVA و T-TEST برای هر یک از عناصر استفاده شده است.

نتایج و یافته ها

با توجه به نتیجه آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف و میزان آماره آزمون در مورد هر سه فلز می توان نتیجه گرفت ادعای H_0 مبنی بر نرمال بودن توزیع عناصر در گیاه و خاک پذیرفته می-شود. لذا می توان نتیجه گرفت داده ها از توزیع نرمال برخوردار هستند.

جدول ۱- مقایسه میانگین فلزات در گیاه اسفناج با استفاده از آزمونT بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم(پایین دست نیروگاه رامین)

Table 1. Comparison of heavy metals mean in *Spinacia oleraceae* using T test(mg/kg) at downstream of Ramin power plant

فلزات mg/kg	حد مجاز mg/kg	میانگین و انحراف معیار	P Value	فاصله اطمینان ۹۵٪	
				حد پایین	حدبالا
Pb	۰/۳	۲۰/۱±۸۹۶/۲۰۳	۰/۰۰۰	۱۹/۹۲۹	۲۱/۲۶۲
Ni	۱	۴۳/۲±۶۸۲/۷۴۸	۰/۰۰۰	۴۱/۱۶۰	۴۴/۲۰۴
Cd	۰/۲	۱۷/۱±۷۶/۸۸۵	۰/۰۰۰	۱۶/۵۱۷	۱۸/۶۰۵

نتایج جدول ۱ نشان می دهد که میانگین فلز سرب در گیاه اسفناج در پایین دست نیروگاه رامین ۲۰/۸۹۶ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، بیشتر شده و از نظر سازمان FAO/WHO گیاه اسفناج دارای آلودگی سرب می‌باشد.

میانگین فلز کادمیوم در گیاه اسفناج در پایین دست نیروگاه رامین ۱۷/۷۶ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، بیشتر شده و از نظر سازمان FAO/WHO گیاه اسفناج دارای آلودگی کادمیوم می‌باشد.

میانگین فلز نیکل در گیاه اسفناج در پایین دست نیروگاه رامین ۴۳/۶۸۲ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، بیشتر شده و از نظر سازمان China Food Quality standard گیاه اسفناج دارای آلودگی نیکل می‌باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین فلزات در گیاه اسفناج با استفاده از آزمونT بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم(بالا دست نیروگاه رامین)

Table 2. Comparison of heavy metals mean in *Spinacia oleraceae* using T test(mg/kg) at upstream of Ramin power plant

فلزات mg/kg	حد مجاز mg/kg	میانگین و انحراف معیار	P Value	فاصله اطمینان ۹۵٪	
				حد پایین	حدبالا
Pb	۰/۳	۱۷/۰±۹۴۹/۸۲۳۸	۰/۰۰۰	۱۷/۱۹۲۴	۱۸/۱۰۴۹
Ni	۱	۲۸/۱±۳۲۹/۱۴۱۰	۰/۰۰۰	۲۶/۶۹۷۵	۲۷/۹۶۱۲
Cd	۰/۲	۶/۰±۸۱۱/۷۲۸	۰/۰۰۰	۶/۲۰۸۴	۷/۰۱۴۲

نتایج جدول ۲ نشان می دهد که میانگین فلز سرب در گیاه اسفناج در بالا دست نیروگاه رامین ۱۷/۹۴۹ میلی گرم برکیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، بیشتر شده و از نظر سازمان FAO/WHO گیاه اسفناج دارای آلودگی سرب می‌باشد.

میانگین فلز کادمیوم در گیاه اسفناج در بالا دست نیروگاه رامین ۶/۸۱۱ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد

استاندارد که ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، بیشتر شده و از نظر سازمان FAO/WHO گیاه اسفناج دارای آلودگی کادمیوم می‌باشد.

میانگین فلز نیکل در گیاه اسفناج در بالا دست نیروگاه رامین ۲۸/۳۲۹ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، بیشتر شده و از نظر سازمان China Food Quality standard گیاه اسفناج دارای آلودگی نیکل می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین فلزات در خاک مزرعه با استفاده از آزمونTبر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم (پایین دست نیزوگاه رامین)

Table 3. Comparison of heavy metals mean in soil using T test(mg/kg) at downstream of Ramin power plant

فلزات mg/kg	حد مجاز mg/kg	میانگین و انحراف معیار	P Value	فاصله اطمینان ۹۵٪	
				حد پایین	حدبالا
Pb	۵۰	۱/۰±۰۰۸/۰۰۹۵	۰/۰۰۰	-۴۹/۰۱۵	-۴۸/۹۶۸
Ni	۵۰	۲/۰±۵۲۰/۱۲۱	۰/۰۰۰	-۴۷/۵۰۹	-۴۷/۴۴۹
Cd	۱	۰/۰±۰۹۸/۰۰۳	۰/۰۰۰	-۰/۹۰۹	-۰/۸۹۴

نتایج جدول ۳ نشان می دهد که میانگین فلز سرب در خاک منطقه پایین دست ۱/۰۰۸ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، کمتر بوده و بر اساس " استاندارد کیفیت منابع خاک سازمان حفاظت محیط زیست ایران " خاک مزرعه آلودگی سرب ندارد. (از نظر سازمان US-EPA خاک مزرعه آلودگی سرب ندارد)

میانگین فلز نیکل در خاک منطقه پایین دست ۲/۵۲ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، کمتر بوده و بر اساس " استاندارد کیفیت منابع خاک سازمان حفاظت محیط زیست ایران " خاک مزرعه آلودگی نیکل ندارد. (از نظر سازمان US-EPA خاک مزرعه آلودگی نیکل ندارد)

میانگین فلز کادمیوم در خاک منطقه پایین دست ۰/۰۹۸ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، بوده و بر اساس " استاندارد کیفیت منابع خاک سازمان حفاظت محیط زیست ایران " خاک مزرعه آلودگی کادمیوم ندارد. (از نظر سازمان US-EPA خاک مزرعه آلودگی کادمیوم ندارد)

جدول ۴- مقایسه میانگین فلزات در خاک مزرعه با استفاده از آزمونTبر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم (بالا دست نیروگاه رامین)

Table4. Comparison of heavy metals mean in soil using T test(mg/kg) at upstream of Ramin power plant

فلزات mg/kg	حد مجاز mg/kg	میانگین و انحراف معیار	P Value	فاصله اطمینان ۹۵٪	
				حد پایین	حدبالا
Pb	۵۰	۰/۰±۸۰۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۰	-۴۹/۲۰۵	-۴۹/۱۹۵
Ni	۵۰	۱/۰±۸۵۹/۰۰۵	۰/۰۰۰	-۴۸/۱۵۲	-۴۸/۱۲۹
Cd	۱	۰/۰±۰۸۸/۰۰۳	۰/۰۰۰	-۰/۹۱۹	-۰/۹۰۵

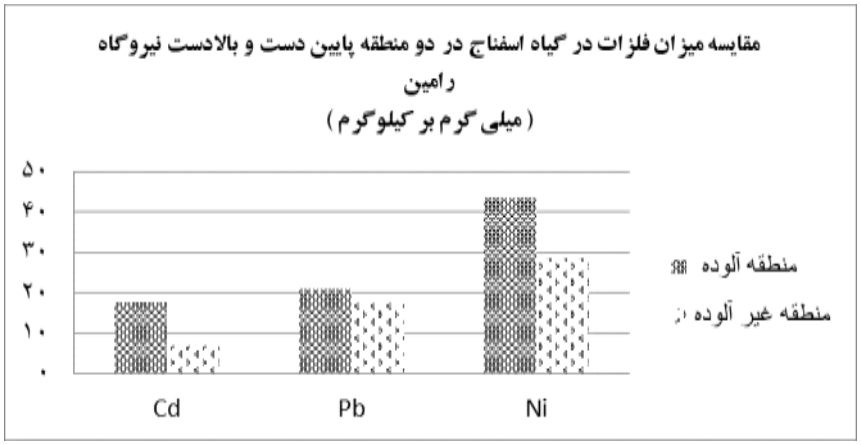
نتایج جدول ۴ نشان می دهد که میانگین فلز سرب در خاک منطقه بالا دست ۰/۸ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، کمتر بوده و بر اساس " استاندارد کیفیت منابع خاک سازمان حفاظت محیط زیست ایران " خاک مزرعه آلودگی سرب ندارد. (از نظر سازمان US-EPA خاک مزرعه آلودگی سرب ندارد)

میانگین فلز نیکل در خاک منطقه بالا دست ۱/۸۵۹ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، کمتر بوده و بر اساس " استاندارد کیفیت منابع خاک سازمان حفاظت محیط زیست ایران " خاک مزرعه آلودگی نیکل ندارد. (از نظر سازمان US-EPA خاک مزرعه آلودگی نیکل ندارد)

میانگین فلز کادمیوم در خاک منطقه بالا دست ۰/۰۸۸ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، کمتر بوده و بر اساس " استاندارد کیفیت منابع خاک سازمان حفاظت محیط زیست ایران " خاک مزرعه آلودگی کادمیوم ندارد. (از نظر سازمان US-EPA خاک مزرعه آلودگی کادمیوم ندارد)

مقایسه میزان فلزات در گیاه اسفناج در بالادست و پایین دست نیروگاه رامین

آزمون مقایسه میانگین دو جامعه این آزمون نشان می دهد در گیاه اسفناج با توجه به مقادیر P Value در خصوص کادمیوم (۰/۰۰۰ و ۰/۰۰۰) و نیکل (۰/۰۰۰ و ۰/۰۰۰) و سرب (۰/۰۰۰ و ۰/۰۰۰) تفاوت میانگین فلزات موصوف در منطقه بالا دست و پایین دست نیروگاه رامین در سطح خطای ۵ درصد معنی دار است.



نمودار۱- مقایسه میانگین فلزات در گیاه اسفناج در دو منطقه بالا دست (غیر آلوده) و پایین دست (آلوده) نیروگاه رامین

Diagram1. Comparison of heavy metals mean in *Spinacia oleraceae* using at upstream and downstream of Ramin power plant

مقایسه میزان فلزات در خاک مزرعه در بالادست و پایین دست نیروگاه رامین

با توجه به مقادیر P Value در خصوص کادمیوم (۰/۰۱۱ و ۰/۰۱۲) و نیکل (۰/۰۰۰ و ۰/۰۰۰) و سرب (۰/۰۰۰ و ۰/۰۰۰) تفاوت میانگین فلزات موصوف در خاک منطقه بالا دست و پایین دست نیروگاه رامین در سطح خطای ۵ درصد معنی دار است. با توجه به مقادیر P Value در خصوص کادمیوم (۰/۰۱۱) و نیکل (۰/۰۰۰) و همچنین سرب (۰/۰۰۰) تفاوت میانگین فلزات موصوف در خاک منطقه بالا دست و پایین دست نیروگاه رامین در سطح خطای ۵ درصد معنی دار است.

جدول ۵- میزان فاکتور تجمع زیستی در گیاه اسفناج در دو منطقه مورد مطالعه

Table 5. Bio-concentration factor amounts in *Spinacia oleraceae* at two studied regions

منطقه	گیاه	نوع فلز	فاکتور تغلیظ زیستی
پایین دست	اسفناج آلوده	Cd	۱۹۷/۳۳
		Pb	۲۰/۸۹
		Ni	۱۷/۲۹
بالا دست	اسفناج غیر آلوده	Cd	۸۵/۱۲
		Pb	۲۲/۴۳
		Ni	۱۵/۲۵

همچنین نتایج جدول ۵ نشان می دهد میزان فاکتور مورد نظر برای گیاه اسفناج در منطقه آلوده نسبت به منطقه غیرآلوده بسیار بالا می باشد.. لازم به توضیح است با توجه به این مهم که اندازه گیری فاکتور مربوط در خصوص گیاهان مورد مطالعه بالاتر از ۱/یک بوده، در نتیجه گیاه اسفناج دارای توان بسیار بالایی در تجمع فلزات سنگین می باشد.

بحث و نتیجه گیری

میانگین فلز سرب در گیاه اسفناج در منطقه پایین دست ۲۰/۸۹۶ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، بیشتر شده و از نظر سازمان FAO/WHO گیاه اسفناج دارای آلودگی سرب می‌باشد. میانگین فلز کادمیوم در گیاه اسفناج در منطقه پایین دست ۱۷/۷۶ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، بیشتر شده و از نظر سازمان FAO/WHO گیاه اسفناج دارای آلودگی کادمیوم می‌باشد. میانگین فلز نیکل در گیاه اسفناج در منطقه پایین دست ۴۳/۶۸۲ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، بیشتر شده و از نظر سازمان China Food Quality standard گیاه اسفناج دارای آلودگی نیکل می‌باشد. با توجه به مقدار P Value (۰/۰۰۰) و کمتر بودن آن از سطح خطای (۰/۰۵) در خصوص میانگین هر سه فلز سرب، نیکل و کادمیوم در گیاه اسفناج در نمونه های اسفناج در پایین دست نیروگاه رامین می‌توان به این نتیجه رسید که میزان میانگین سه فلز یاد شده در جامعه گیاهان اسفناج پایین دست نیروگاه بیشتر از حد مجاز است. میانگین فلز سرب ۰/۸ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، کمتر بوده و بر اساس " استاندارد کیفیت منابع خاک سازمان حفاظت محیط زیست ایران " خاک مزرعه آلودگی سرب ندارد. (از نظر سازمان US-EPA خاک مزرعه آلودگی سرب ندارد). میانگین فلز نیکل ۱/۸۵۹ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، کمتر بوده و بر اساس "استاندارد کیفیت منابع خاک سازمان حفاظت محیط زیست ایران" خاک مزرعه آلودگی نیکل ندارد. (از نظر سازمان US-EPA خاک مزرعه آلودگی نیکل ندارد). میانگین فلز کادمیوم ۰/۰۸۸ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که از حد استاندارد که ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم می باشد، کمتر بوده و بر اساس " استاندارد کیفیت منابع خاک سازمان حفاظت محیط زیست ایران " خاک مزرعه آلودگی کادمیوم ندارد. (از نظر سازمان US-EPA خاک مزرعه آلودگی کادمیوم ندارد). با توجه به مقدار P Value در خصوص میانگین هر سه فلز سرب، نیکل و کادمیوم در نمونه های خاک در پایین دست نیروگاه رامین می توان به این نتیجه رسید که فرضیه کمتر بودن میزان میانگین سه فلز یاد شده از حد مجاز در خاک ناحیه بالا دست نیروگاه رامین قابل پذیرش است. به عبارت دیگر می توان پذیرفت میزان میانگین سه فلز یاد شده در خاک ناحیه پایین دست نیروگاه رامین کمتر از حد مجاز است. با توجه به مقادیر P Value در خصوص کادمیوم (۰/۰۱۱ و

۰/۰۱۲) ، نیکل (۰/۰۰۰ و ۰/۰۰۰) و سرب (۰/۰۰۰ و ۰/۰۰۰) تفاوت میانگین فلزات موصوف در خاک منطقه بالا دست و پایین دست نیروگاه رامین در سطح خطای ۵ ٪ معنی دار است. با توجه به این که میزان فلزات مورد مطالعه در خاک مناطق بالا دست و پایین دست کمتر از حد مجاز بوده و در ضمن بر اساس " مقادیر P Value و آزمون تک نمونه ای T " دارای اختلاف معنی دار نبوده؛ همچنین با توجه به معنی دار بودن اختلاف فلزات در گیاهان منطقه بالادست و پایین دست و بالا بودن مقادیر فلزات در پایین دست، نتیجه گیری می شود که بالا بودن فلزات در پایین دست متأثر از نزولات خشک اتمسفری می باشد

رسوبات اتمسفری به عنوان یک منبع مهم فلزات سنگین شناخته شده است و تحقیقات مختلف نشان داده است که یک ارتباط معنی داری میان رسوبات خشک اتمسفری و غلظت فلزات سنگین در محصولات کشاورزی و سبزیجات وجود دارد(۲۷). بر اساس نتایج این مطالعه بالا بودن سرب و نیکل در سبزیجات مورد بررسی یا کادمیوم که خطر جدی تری نسبت به دو فلز مذکور دارد، می تواند به دلیل نزدیکی به بزرگراه (زیرا اغلب سبزیجات در شرایط زیست محیطی آلوده حاشیه شهرها کشت می شوند)، فعالیتهای انسانی در مناطق اطراف و زیاده روی در استفاده از کودهای شیمیایی باشد.

بر اساس مطالعه جی و اوشا پاندی (۲۰۰۹) تحت عنوان تجمع فلزات سنگین در سبزیجات رژیم غذایی در رابطه با رسوبات خشک اتمسفری در مناطق گرمسیر هند، رسوبات اتمسفری تأثیر شایانی بر تجمع فلزات سنگین در بخش خوراکی به خصوص در میوه و برگ دارند. ضمن این که اثرات رسوبات اتمسفری می تواند در بلند مدت باعث تضعیف خاک منطقه گردد و علت اصلی استفاده کشاورزان از کودهای شیمیایی در طی این مدت هم به علت غنی نبودن خاک مناطق جهت کشت سبزیجات می باشد. بر اساس مطالعه عبدالوهابی و قدوسی (۱۳۶۴) ذرات درشت سرب خارج شده از اتومبیل ها بیشتر در کنار جاده و تا شعاع ۱۰۰ متری رسوب می کنند، اما ذرات ریز سرب وارد هوا شده و نهایتاً توسط باران و برف بر گیاه و خاک فرود می آیند.

تجمع بالای فلزات سنگین در محیط می تواند اثرات منفی زیادی بر روی سلامتی اکوسیستم ها داشته باشد(۲۸). به همین جهت آلودگی فلزات سنگین در سرتا سر جهان همواره به عنوان یک مشکل جدی مطرح بوده است. در مطالعه قنوانی و همکاران(۲۰۲۱) نیز میزان فلز سنگین سرب در سبزیجات شوید و جعفری غلطت بالایی را در زمین های زراعی پایین دست کارون در اهواز نشان داد (۲۹). نتایج اندازه گیری غلظت فلزات سنگین نیکل، مس، آرسنیک ، روی، سرب، کرم و کادمیوم در محصول برنج در استان خوزستان نیز نشان دهنده تجمع بالای این فلزات در ذرت را دارد، البته میزان تجمع فلزات با یکدیگر تفاوت داشته و پتانسیل خطر سرطانزایی را به مقادیر متفاوت برای افراد دارا می باشند(۳۰). نتایج حاصل از محاسبه فاکتور تغلیظ زیستی در گیاه اسفناج پایین دست و بالا دست نیروگاه رامین مبین آن است که برای فلزات مورد مطالعه این شاخص بالاتر از یک می باشد. بر اساس این مطالعه، غلظت فلزات در پوشش گیاهان مورد مطالعه در هر دو منطقه از حد آستانه تعریف شده برای گیاهان بیش تجمع دهنده بیشتر است و تصور می شود که گونه گیاهی انتخاب شده توانایی تجمع و انباشت فلزات مورد مطالعه را در بخش هوایی خود (برگ) دارند. با توجه به اهمیت اسفناج در رژیم غذایی و تجمع بالای فلزات در برگ گیاه اسفناج لازم است که منابع تولید کننده آلودگی هوا و خاک در مناطق به طور جدی مورد بررسی قرار گرفته و در جهت رفع و کاهش آلودگی اقدام گردد.

References

1. Adriano, D. C., 1986.Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer-Verlag, New York.
2. Shukla, S.R., 2005. Pai RS adsorption of Cu (II), Ni(II) and Zn (II) on modified jute fibres. Bio resource technology, Vol. 96(13), pp.1430-8.
3. Arora, M., Kiran, B., Rani, S., Rani, A., Kaur, B., Mittal, N.. 2008. Heavy

metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources. Food Chemistry, Vol. 111, pp. 811–815.

4. Ramezania, Z., Aghelb, N., Shiralipourc, R., Dabbaghc, R.Z., 2008. Determination of lead and cadmium content of dill (*Anethum graveolens*) and onion (*Allium cepa L.*) Radu L, Anca-rovena L. vegetable and fruits quality within heavy metal polluted areas in Romania. Carpth Journal of Earth and Environmental Sciences. Vol. 3(2), pp. 115-29. (In Persian)
5. Mohd Hilmi, J., 2010. Determination of heavy metal accumulation in ipomoea using wet destruction method. Thesis University Malaysia Pahang.
6. Misund, A., Frengstad, B., Siewers, U., Reimann, C., 1999. Variation of 66 elements in European bottled mineral waters. The science of the Total Environmental. Vol. 243, pp. 21-41.
7. Nazemi, S., Asgari, A.S., Raie, M., 2009. Investigation of the amount of heavy metals in vegetable vegetables in the suburbs of Shahrood. Journal of Health and Environment, Scientific-Research Journal of the Environmental Health Association of Iran. Vol. 3, pp. 195-202. (In Persian)
8. Zazouli, M.A., Mohsein Bandpei, A., Maleki, A., Saberian, M., Izanloo, H., 2010. Determination of Cadmium and Lead contents in black tea and tea liquor from Oran. Asia Journal Chemistery. Vol. 22(2), pp. 1387-1393.
9. Azimi, S., Ludwig, A., Thevenot, D., Colin, J.L., 2003. Trace metal determination in total atmospheric deposition in rural and areas. The science of the total Environment. Vol. 308, pp,247-256.
10. Al-khashman, O.A., 2004. Heavy metal distribution in dust and soils from the work place in korak industrial Estate. Jordan. Atmospheric Pollution. Vol. 38, pp. 6803-6812.
11. Singh, R.K., Agrawal, M., 2005. Atmospheric deposition around a heavily industrialized area in a seasonally dry tropical environment of India. Environmental Pollution. Vol. 138, pp. 142-152.
12. Fowler, D., Cape, N., Coyle, M., Flechard, C., Kuylenstierna, J., Hichkas, K., 1999. The global exposure of forests mto air pollutants. Water, Air and Soil Pollution. Vol. 116, pp. 5-32.
13. Pandey, J., Agrawal, M., Khanam, N., Narayan, D., Rao, D. N. 1992. Air pollutants concentrations in Varanasi, India. Atmospheric Environment. Vol. 26, pp. 91-98.
14. Pandey, J., Agrawal, M., 1994. Evaluation of air pollution phytotoxicity in a seasonally Dry tropical urban environment using three woody perennials. The New Phytologist. Vol. 126, pp. 53-92.
15. Pandey, J. 2005.Evaluation of air pollution phytotoxicity downwind of a phosphate Fertilizer factory in india. Environmental and Assessment. Vol. 100, pp. 249-266.
16. Pandey, J., Pandey, U., 1994. Evaluating of air pollution phytotoxicity in a seasonally dry tropical urban environment. Environmental monitoring and Assessment. Vol. 33, pp. 195-213.
17. Garba, I., Jimoh, W., 2015. Evaluation of Heavy Metal And Macro-Elements In Irrigated Vegetables From

Challawa-Yandanko And Kano River Basin Project, In Nigeria. International Journal of Scientific Research and Engineering Studies. Vol.2, pp. 2349-8862.

18. Ferri, R., Hashim, D., R.Smith, D., Guazzetti, S., Donna, F., Frrretti, E., Curatolo, M., Moneta, C., Maria Beone, G., Lucchini, R.G., 2014.Science of the Total Environment. Vol. 518–519, pp. 507–517.
19. Sarwar Khan, O., Ahmad, F., Skhawat, A., Muhammad Kamal, R., Ashraf, U., 2014. Assessment Of Heavy Metals Concentration In Indian And Pakistani Vegetables. International Journal of Technical Research and Applications. Vol. 2, pp. 4-8.
20. Chauhan, G., 2014. Toxicity study of metals contamination on vegetables grown in the vicinity of cement factory. International Journal of Scientific and Research Publications. Vol. 4, pp. 2250-3153.
21. Hellen, L.E., Othman, O.C., 2014. Levels of selected heavy metals in soil, tomatoes and selected vegetables from Lushoto district -Tanzania. International journal of Environmental Monitoring and Analysis. Vol. 2(6), pp. 313-319.
22. Mohammadi Rouzbahani, M., Abedi Kupai, C., 2009. Investigating the use of hyper-accumulator plants in refining soils contaminated with Ni..Journal of Environmental Science and Technology. Vol. 11, pp. 449-459. (In Persian)
23. Kolahkhaj, A., Mohammadi Rouzbahani, M., 2017. Application of Althea officinal as Pb accumulator. Journal of Environmental Science and Technology. Vol. 19, pp. 93-102. (In Persian)
24. Bahemuka, T.E., Mubofu, E.B., 1998. Heavy metals in edible green vegetables grown along the site of the Sinza and Msimbazi rivers in Dar es Salam, Tanzania. Journal of Food Chemistry.Vol. 66, pp. 63-65.
25. Cao, H.F, Chang A.C, Page A.L., 1984. Heavy Metal Contents of Sludge-treated Soils as Determined by Three Extraction Procedures. Journal of Environmental Quality.Vol. 13(4), pp. 632-634.
26. Branquinho, C., Serrano, H. C., Pinto, M. J., Martins-Loucao, M.A., 2006. Revisiting the plant hyper accumulation criteria to rare plants and earth abundant elements. Environmental Pollution Journal. Vol. 146, pp. 437–443.
27. Pandey, J., Pandey, U., 2001. The influence of catchment on ecosystem properties of a tropical fresh water lake. Biotronics. Vol. 30, pp. 85-92.
28. Lin, W., Xiao, T., Wu, Y., Ao, Z., Ning, Z., 2012. Hyper accumulation of zinc by *Corddalis davidii* in Zn-polluted soils. Chemosphere. Vol. 86, pp. 837-842.
29. Ghanavati, M., Mohammadi Roozbahani M., Payandeh, Kh. 2021. Investigation of Concentration of Heavy Metals in Lead, Nickel, Arsenic and Cadmium in Soil, Parsley Vegetables and Downstream of Karun River. Journal of Innovation in Food Science and Technology. Vol 13, pp. 147-157. (In Persian)
30. Fouladi, M., Mohammadi Rouzbahani, M., Attar Roshan, S., Sabz Alipour, S. 2020. Health risk assessment of potentially toxic elements in common

cultivated rice (Oryza sativa) emphasis on environmental pollution. Toxin Reviews. Vol 40, pp. 1019-1034.